



Inês Briosa Medina

**MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA DE
PRODUÇÃO DE ROLHAS NATURAIS**



Inês Briosa Medina

MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO DE ROLHAS NATURAIS

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura, professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Ao meu avô Manel.

o júri

presidente

Prof.^a Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Miguel da Fonseca Fernandes Gomes
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

agradecimentos

Em primeiro lugar, agradecer à Amorim & Irmãos que me concedeu esta oportunidade de estágio. Pelo bom acolhimento e por me ter permitido crescer tanto em tão pouco tempo, tanto profissional como pessoalmente.

Ao Eng.º Tiago Pinho, um enorme obrigada, pela confiança e responsabilidade depositada em mim, ao longo do estágio, e pela motivação constante que me tentou incutir. E, acima de tudo, por ter sempre arranjado um espacinho na agenda para acompanhar o meu projeto.

Ao Eng.º Tiago Pimentel por toda a sua disponibilidade, apoio e conhecimentos transmitidos.

Ao Eng.º Ricardo Soares pela paciência, compreensão, acompanhamento e conselhos que foram fulcrais no desenvolvimento deste projeto.

Ao Afonso Gonçalves, Ricardo Regal e Rui Regal que foram, também, fundamentais para a conclusão deste projeto.

À Rita Campos pelo companheirismo e amizade.

A todos os colaboradores da empresa, em especial, ao Senhor Luís Carvalho que sempre se mostrou disponível para responder às minhas questões e pela colaboração nos testes realizados no seu sector.

À minha orientadora de estágio, Ana Moura, pelo interesse demonstrado e orientação indispensável durante a realização do meu projeto.

Ao grande Clube do Povo de Esgueira, por ter sido o meu escape nos dias menos bons.

Aos amigos que fiz ao longo destes seis anos e que fizeram parte do meu percurso académico.

À Sandra, pela boa vontade e partilha dos seus apontamentos ao longo do curso, que me facilitaram (e muito) a aprovação em algumas unidades curriculares.

Ao Rui Amaral, pelas boleias e companhia ao longo destes 8 meses.

Às amigas de sempre, Ana Jorge, Ana Luísa, Ana Graça, Mafs, Inês e Carolina. Obrigada por estarem sempre presentes, mesmo longe.

Aos amigos, Rafael Baieta e Valdemar Estrelinha, por nunca me terem falhado sempre que precisei de alguma coisa.

Ao meu avô António e avó Celeste.

Ao Ricardo, pela força, dedicação, disponibilidade e carinho nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, pela educação, pelos valores transmitidos, pela oportunidade de formação, pela experiência de ERASMUS (que não teria sido possível sem a sua ajuda), entre todas as outras coisas que fazem por mim, diariamente. Sem eles, não seria metade da pessoa que sou hoje.

Por fim, mas não menos importante, à minha irmã. Por ter estado sempre presente nos maus momentos, pelo apoio incondicional, pelas palavras reconfortantes, pelos momentos de palhaçada e pela confiança constante que deposita em mim. A distância nunca significou tão pouco.

palavras-chave

Eficiência, Ferramentas da Qualidade, OEE, TPM, Indústria Corticeira

resumo

A evolução tecnológica aliada ao elevado nível de exigência dos clientes e ao aumento da concorrência obriga as empresas a reavaliarem a sua estratégia e processos de fabrico de modo a aumentarem a sua produtividade e competitividade.

Esta dissertação, realizada na unidade fabril de Lamas pertencente à Amorim & Irmãos S.A., surge como resposta à necessidade de analisar e diminuir os encravamentos ocorridos numa célula de brocagem automática de forma a reduzir os recursos humanos. De modo a estudar os efeitos destes encravamentos, foi necessária a implementação de um indicador que permitisse essa análise. Para o efeito, foi aplicado o indicador de desempenho - OEE. Este indicador encontra-se assente na filosofia TPM – *Total Productive Maintenance* – que visa identificar todas as perdas relacionadas com os equipamentos e avaliar a sua capacidade de produção. Após a sua aplicação, tornou-se perceptível que a eficiência era o fator crítico, consequência da ocorrência de micro-paragens. Com recurso a um diagrama de Pareto e de causa-efeito, foram identificadas as causas mais significativas que originavam estas paragens. Assim, foram projetadas e implementadas novas soluções de melhoria, face às atuais soluções adotadas pela empresa, com o intuito de diminuir o tempo de espera das máquinas e, consequentemente, o tempo improdutivo associado a cada paragem. Foi, também, desenvolvida uma alteração de *layout* que, apesar de exequível, não foi implementada até à data.

Pela melhoria apresentada nos índices estudados, comprovou-se a importância e o efeito positivo da implementação da métrica OEE sobre os resultados da produção.

keywords

Efficiency, Quality Tools, OEE, TPM, Cork Industry

abstract

The technological development coupled with the high level of customer demand and increased competition requires companies to re-evaluate their strategy and manufacturing processes in order to increase their productivity and competitiveness.

The current project, carried out at the Lamas unit of Amorim & Irmãos S.A., arises as a response to the need to analyze and reduce the mechanical interlocking in an automatic drilling cell in order to reduce human resources. To study the effects of these interlocks, it was necessary to implement an indicator that would allow this analysis. For this purpose, the performance indicator – OEE – was applied. This indicator is based on the TPM philosophy – Total Productive Maintenance – that aims to identify all the losses related to the equipment and to evaluate its production capacity. Afterwards it became clear that the efficiency was the most critical factor, consequence of the occurrence of micro-stops. Using a Pareto and cause-effect diagram it was possible to identify the most significant causes that originated those micro-stops. Thus, new improvement solutions were designed and implemented, in the light of the current solutions adopted by the company, in order to reduce the machines waiting time and consequently the unproductive time associated with each stop. A layout change was also developed that although feasible has not been implemented to date.

Due to the improvement presented in the studied indices the importance and positive effect of the implementation of the OEE metric on the results of the production were verified.

Índice

Índice de Tabelas.....	iii
Índice de Figuras.....	iv
Siglas e Acrónimos.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos do projeto.....	2
1.3. Metodologia adotada	2
1.4. Estrutura do relatório	3
2. Revisão bibliográfica	5
2.1. Do <i>Toyota Production System</i> ao <i>Lean Thinking</i>	5
2.2. Metodologias e Ferramentas <i>Lean</i>	8
2.3. Ferramentas Básicas da Qualidade	20
3. Caso de Estudo – Amorim & Irmãos	28
3.1. Apresentação da empresa.....	28
3.2. Amorim & Irmãos, S.G.P.S, S.A – Unidade de Lamas.....	28
3.3. Processo Produtivo.....	29
3.4. Enquadramento e descrição da situação atual	31
3.5. Aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos	40
3.6. Medição do Indicador OEE: Situação Inicial	55
4. Implementação das ações de melhoria e Resultados	62
4.1. Micro-Melhorias associadas ao tempo improdutivo do sistema	62
4.2. Medição do Indicador OEE após melhorias.....	77
4.3. Alternativas de implementação futura	79
5. Conclusão	88
Referências bibliográficas	90
Anexos	92
A: Rolhas Corticeira Amorim	93
B: Classes, Calibres e Defeitos da cortiça que chega à unidade industrial de Lamas	94
C: Defeitos de processo do sector da brocagem	95
D: Formulário do registo de observações – Rabaneação	96
E: Formulário do registo de observações - Tapete em “V”	97
F: Formulário do registo de observações - Rolo Metálico	98
G: Formulário do registo de observações - Sistema pneumático	99
H: Formulário do registo de observações - <i>Robot</i>	100
I: Formulário do registo de observações - Brocas	101
J: Formulário do Controlo Visual	104

K: Dados recolhidos e tratados para o cálculo do OEE – Situação Inicial	105
L: Dados relativos ao diagrama de Pareto	119
M: Características Técnicas da pinça nova	123
N: Ecrã Tátil com informação sobre os erros das câmaras.....	124
O: Documentos Excel com informação da produção real das brocas automáticas e máquinas de deslenhar (respetivamente)	125
P: Informação recolhida para o cálculo do OEE – Após implementações	126

Índice de Tabelas

Tabela 1- Seis Grandes Perdas (Fonte: Nakajima, 1988)	15
Tabela 2- Simbologia utilizada no fluxograma	23
Tabela 3- Descrição das tarefas do operador – situação ideal	40
Tabela 4- Descrição das tarefas do operador - situação vigente	40
Tabela 5- Produção sem eliminação dos defeitos vs. Produção com eliminação dos defeitos.....	42
Tabela 6- Descrição dos encravamentos no tapete em "V"	43
Tabela 7- Contabilização das não-conformidades do rolo metálico e respetivo indicador de produção	45
Tabela 8- Encravamentos do sistema pneumático	46
Tabela 9- Teste número 1 da eficácia do sistema pneumático	46
Tabela 10- Teste número 2 da eficácia do sistema pneumático	47
Tabela 11- Teste número 3 da eficácia do sistema pneumático	47
Tabela 12- Resultados obtidos dos testes efetuados	47
Tabela 13- Medição das não conformidades associadas ao <i>Robot</i> e ao Sistema de Visão	49
Tabela 14- Encravamentos das brocas automáticas.....	52
Tabela 15- Seis grandes perdas e a sua relação com os fatores do OEE	56
Tabela 16- Comparação dos valores do OEE estipulados por Nakajima (1988) com os resultados da situação em estudo.....	59
Tabela 17- Dados recolhidos durante o mês de Fevereiro sobre o funcionamento do Sistema de Visão	70
Tabela 18- Comparação dos valores do OEE estipulados por Nakajima (1988) com os resultados das implementações de melhoria	78
Tabela 19 - Testes efetuados ao <i>robot</i> manipulador	80
Tabela 20 - Velocidade dos motores dos tapetes do sistema	81
Tabela 21 – Testes efetuados ao <i>robot</i> manipulador com a instalação da rampa acrílica	82
Tabela 22- Frequência dos motores dos tapetes do sistema	83

Índice de Figuras

Figura 1- Casa TPS (Fonte: Pinto, 2008)	6
Figura 2- Atividades que acrescentam e não acrescentam valor (Adaptado de: Pinto, 2008)	7
Figura 3- Oito Pilares Básicos do TPS (Fonte: The Productivity Development Team, 1999)	11
Figura 4- Curva da banheira do tipo I, II e III (Fonte: Bicheno & Holweg, 2009).....	11
Figura 5- Primeiro ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009)	13
Figura 6 – Segundo ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009)	13
Figura 7- Terceiro ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009).....	14
Figura 8- Custos escondidos (Fonte: Willmott & McCarthy, 2000)	16
Figura 9- Fatores do OEE e perdas relacionadas com os equipamentos (Adaptado de: Andersson & Bellgran, 2014)	17
Figura 10 - Cálculo do OEE baseado nas seis grandes perdas de produção (Fonte: Ahuja & Khamba, 2008)	18
Figura 11- Designações dos valores do OEE (Adaptado de: Nakajima, 1988)	19
Figura 12- Célula de produção (Fonte: Pinto, 2008)	20
Figura 13- Ferramentas de controlo estatístico de processo de auxílio à resolução de problemas (Fonte: Chase et al., 1998).....	21
Figura 14- Folha de registo de Autocontrolo das máquinas da 1ª Escolha da AI	24
Figura 15- Diagrama de Pareto ou Análise ABC (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008)	25
Figura 16- Diagrama de causa-e-efeito aplicado ao problema do OEE (Adaptado de: Bicheno & Halweg, 2009)	26
Figura 17- Grupos constituintes da Corticeira Amorim	28
Figura 18- Fábricas do domínio da Amorim & Irmãos	29
Figura 19- Processo Produtivo da Amorim & Irmãos de Lamas.....	29
Figura 20- Rabaneadeira (à esquerda); Stock de cortiça rabaneada (à direita)	32
Figura 21- Apara (à esquerda); Fitas (à direita)	32
Figura 22- Bocados de cortiça (à esquerda); Traços conformes (à direita)	32
Figura 23- Tapete 1 (à esquerda) e Tapete em “V” (à direita).....	33
Figura 24- Tapete elevador (à esquerda); Tapete doseador (à direita).....	33
Figura 25- Rolo metálico	34
Figura 26- Sistema pneumático e seus sensores	34
Figura 27- Câmara 1	35
Figura 28- Câmara 2	35
Figura 29- Cesto para onde seguem os traços rejeitados	36
Figura 30- Rolhas resultantes de um traço com a costa da cortiça para cima	36
Figura 31- Rolhas resultantes de um traço orientado com a barriga cortiça para baixo.....	36
Figura 32- Tapete da broca automática	37
Figura 33- Broca automática (à esquerda); Apalpadores (à direita).....	37
Figura 34- Painel de controlo das brocas automáticas	38
Figura 35- Tapetes com rolhas e traços furados (à esquerda); Contentor de rolhas (à direita).....	38
Figura 36- Máquina de deslenhar	39

Figura 37- Linha de produção de brocas automáticas robotizadas	39
Figura 38- Número de defeitos que prosseguem após a estação da rabaneação.....	41
Figura 39- Ponto de partida – A; Ponto de encravamento - B.....	42
Figura 40- Número de encravamentos no tapete em "V"	43
Figura 41- Encravamento devido à apara presa na folga do tapete (à esquerda); Encravamento devido ao sensor tapado (à direita).....	44
Figura 42 – Encravamento do tipo C.....	44
Figura 43- Traços em simultâneo e sobrepostos	45
Figura 44- Encravamento do tipo B	46
Figura 45- Encravamento do tipo C	46
Figura 46- Anomalia do tipo B	48
Figura 47- Anomalia do tipo D	48
Figura 48- Cesto de rejeição após leitura das câmaras.....	49
Figura 49 - Percentagem de rejeição do Sistema de Visão (em cima); Percentagem de erro das câmaras (em baixo)	50
Figura 50- Encravamento devido a cunha da cortiça (à esquerda); Cortiça baixa comparada com cortiça regular (à direita)	51
Figura 51- Cortiça irregular e curva	51
Figura 52- Cunha.....	52
Figura 53- Apara (à esquerda); Repasse (à direita).....	53
Figura 54- Defeito de corpo/topo e rolha conforme	53
Figura 55 - Teste de Controlo Visual das rolhas escolhidas pela máquina de deslenhar	54
Figura 56 – Saídas das máquinas de deslenhar	55
Figura 57- Valores do OEE recolhidos na semana 4.....	58
Figura 58 – Análise de Pareto do caso de estudo	59
Figura 59 - Diagrama de causa-e-efeito associado ao caso de estudo	61
Figura 60 - Tapete antigo versus Tapete novo.....	63
Figura 61 - Sistema com apenas um sensor (situação anterior - à esquerda); Sistema com novo sensor instalado (à direita).....	63
Figura 62 - Sensores do tapete doseador	64
Figura 63 - Tapete doseador em situação de encravamento devido à posição do traço	65
Figura 64 - Tapete antigo versus Tapete novo.....	65
Figura 65 - Traços com 50 cm	66
Figura 66 - Traços com 30 cm	66
Figura 67 - Sensor do tapete de alimentação da broca	67
Figura 68 - Sensor instalado.....	67
Figura 69 - Pinça antiga.....	68
Figura 70 - Anormalidade da pinça antiga	68
Figura 71 - Nova pinça do <i>robot</i>	68
Figura 72 - Pinça nova instalada	69
Figura 73 - Programa das câmaras instaladas.....	71
Figura 74 - Figura 74- Parâmetros definidos (câmara 1).....	72
Figura 75 - Parâmetros de seleção (câmara 1)	72

Figura 76 - Parâmetros associados à câmara 2.....	73
Figura 77 - Parâmetros de posição do traço	73
Figura 78 - Referências de visão do <i>robot</i>	74
Figura 79 - Erros das câmaras da linha 1 do lado A (mês de Fevereiro)	74
Figura 80 - Erros das câmaras da linha 1 do lado B (mês de Fevereiro)	75
Figura 81 - Erros das câmaras da linha 1 do lado A (mês de Março)	75
Figura 82 – Erros das câmaras da linha 1 do lado B (mês de Março)	75
Figura 83 - Média dos erros do sistema de visão da linha 1 no mês de Fevereiro e Março	76
Figura 84 - Sistema de sopro automático nas câmaras do sistema	77
Figura 85 - Valores do OEE na semana 19	78
Figura 86 - Diagrama da proposta de melhoria da instalação do manipulador	79
Figura 87 - Manipulador	80
Figura 88 - Diagrama do novo sistema do manipulador	81
Figura 89 - Implementação da rampa acrílica.....	82
Figura 90 - Rampa acrílica instalada	82
Figura 91 - Desenho de uma linha de produção de brocas	84
Figura 92 - Novo layout com alterações para duas linhas	85
Figura 93 - Novo layout com alterações para as 4 linhas	86

Siglas e Acrónimos

AI – Amorim & Irmãos

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just in Time*

MP – Manutenção Preventiva

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OF – Ordem de Fabrico

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

TCA – Tricloroanisol

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

1. Introdução

1.1. Contextualização

É um facto indiscutível que a riqueza económica e o crescimento de uma nação dependem da prosperidade do seu sector industrial. Como consequência da globalização, o setor industrial encontra-se, constantemente, sob forte pressão para aumentar a sua competitividade. Para poder manter e desenvolver a sua capacidade de competir em mercados globais, é imprescindível que as empresas sejam bem-sucedidas no desenvolvimento de produtos inovadores e de alta qualidade com baixos *lead times* bem como na conceção de sistemas de produção flexíveis (Andersson e Bellgran, 2014).

Assim, as organizações tentam melhorar de forma contínua o desempenho dos seus sistemas de fabrico a fim de reduzir os custos de produção. Nesse sentido, medir o desempenho atual dos processos é crucial, pois permite conduzir e gerir melhorias na produção.

A maioria das organizações serve-se de máquinas para acrescentar valor aos seus produtos e, para o fazer eficientemente, é importante que as máquinas trabalhem eficientemente, com o menor desperdício possível (The Productivity Development Team, 1999). Assim, atendendo à complexidade e diversidade dos processos e equipamentos instalados nas unidades industriais, é imperativo adotar ferramentas que permitam facultar dados e informação concreta sobre o desempenho dos equipamentos.

Os gestores, do mundo atual, preferem aplicar tecnologias e ferramentas sofisticadas para lidar com problemas que podem ser resolvidos com bom senso e abordagens de baixo custo. Precisam de desaprender o hábito de tentar tecnologias cada vez mais sofisticadas para resolver problemas quotidianos: ferramentas de bom senso, listas de verificação e técnicas que não custam muito dinheiro (Imai, 1997).

Os problemas nos equipamentos prejudicam a produtividade de seis maneiras: as Seis Grandes Perdas. A Eficácia Global dos Equipamentos ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) como é comumente denominada, é um conceito abrangido pela metodologia TPM (Total Productive Maintenance) que permite às empresas analisar as condições reais da utilização dos seus ativos, através do estudo do impacto destas perdas (The Japan Institute of Plan Maintenance, 1996).

A eficiência, disponibilidade e qualidade são os três fatores que constituem o OEE, cujos valores são influenciados pelas perdas existentes nos equipamentos. Deste modo, para maximizar o valor da métrica OEE é necessário aumentar a disponibilidade e eficiência dos equipamentos para produzir, durante o seu período de funcionamento, bem como reduzir a quantidade de produtos não conformes (Nakajima, 1988).

O constante crescimento da Amorim & Irmãos em conjugação com a diversificação das suas encomendas promove o aumento de quebras de produção, causadas por avarias e produtos defeituosos que originam paragens não programadas.

Face a este problema, torna-se essencial descobrir soluções que garantam a produção necessária, mas que, ao mesmo tempo, previnam e reduzam o número de avarias dos equipamentos e aumentem a sua eficiência.

É neste sentido que surge o corrente projeto, fruto do estágio realizado na Amorim & Irmãos S.A., Unidade de Lamas, cuja função é a produção de rolhas de cortiça naturais.

O presente relatório descreve a aplicação do indicador OEE numa das etapas do processo produtivo da fábrica com o intuito de definir uma estratégia para melhorar o desempenho dos equipamentos da linha de produção de forma a diminuir os recursos humanos alocados ao sector.

1.2. Objetivos do projeto

O desenvolvimento deste projeto tem como finalidade analisar e avaliar uma etapa do processo produtivo da unidade industrial de Lamas de modo a reduzir os recursos humanos, para metade, alocados ao sector da brocagem.

O sector da brocagem é constituído por quatro tipos de brocas: broca robotizada, broca semi-automática, broca inteligente e broca a pedal. Através de um trabalho de terreno exaustivo, pretende-se tornar as células de produção robotizadas mais eficientes, reduzindo os encravamentos mecânicos e assim, libertar o operador para outras atividades que acrescentem valor. Deste modo, é necessário delinear um conjunto de metas e metodologias para o estudo da situação vigente que servirão de auxílio para a identificação de potenciais melhorias e posterior cumprimento do objetivo estabelecido.

1.3. Metodologia adotada

Para alcançar os objetivos referidos foi definida uma metodologia de investigação-ação.

A implementação de uma metodologia deste género assenta no seguimento do ciclo de planear, fazer e analisar, o qual, segundo Coughlan e Coglán (2002), agrega as fases de planeamento, ação, avaliação da ação e novo planeamento consequente da avaliação.

Para a execução deste projeto, foram definidas as seguintes etapas:

1. Observação do funcionamento da linha de produção
2. Identificação de mudas e perdas relacionadas com os equipamentos
3. Análise da situação vigente através de dados recolhidos
4. Identificação dos fatores que influenciam diretamente a produção diária
5. Revisão da bibliografia de suporte ao desenvolvimento do projeto
6. Elaboração de um diagrama causa-efeito e análise de Pareto
7. Cálculo do indicador selecionado – OEE
8. Identificação de oportunidades de melhoria
9. Implementação das melhorias nomeadas e posterior recolha de dados
10. Estudo do impacto das alterações efetuadas através do indicador utilizado na fase inicial

1.4. Estrutura do relatório

Este relatório encontra-se dividido em cinco capítulos devidamente estruturados.

O presente capítulo contém uma introdução ao trabalho desenvolvido ao longo do estágio, bem como os objetivos definidos e a metodologia adotada para a execução dos mesmos.

O segundo capítulo aborda o estado de arte sobre diversos conceitos teóricos que foram aplicados e serviram de suporte à parte prática do projeto.

O capítulo subsequente, caso de estudo, inclui uma breve apresentação do Grupo Amorim e a unidade de negócio em que se insere a unidade industrial de Lamas, assim como todo o processo produtivo envolvente e descreve todo o trabalho realizado ao longo do projeto expondo os resultados obtidos através da aplicação das metodologias elegidas.

O quarto capítulo designa-se à implementação e resultados das melhorias propostas.

Por último, são feitas as considerações e recomendações finais.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Do *Toyota Production System* ao *Lean Thinking*

A filosofia *Lean Thinking* remete ao princípio do século XX, onde as suas raízes advêm do *Toyota Production System*, desenvolvido por Taiichi Ohno, inicialmente aplicado ao setor da indústria automóvel.

As indústrias ocidentais, após a II Guerra Mundial, enfrentaram graves problemas no que concerne à disponibilidade de recursos. Consequentemente, as organizações recorriam a processos de fabrico e gestão que, por serem demasiado complexos e pouco flexíveis, limitavam a capacidade de adaptação às expectativas do mercado (Pinto, 2008).

O TPS surgiu, então, através da necessidade de resposta às circunstâncias envolventes da empresa *Toyota Motor Company* que, após uma drástica quebra de vendas, se viu obrigada a dispensar grande parte dos seus colaboradores.

Deste modo, Taiichi Ohno, criou um novo sistema de produção capaz de, simultaneamente, acompanhar as constantes mudanças do mercado e satisfazer os requisitos dos seus consumidores através de uma diversificada oferta de produtos com elevada qualidade e baixo custo (Pinto, 2008; Womack, Jones, & Roos, 1990; Womack & Jones, 2003).

As ideias subjacentes a este sistema assentam numa filosofia de melhoria contínua ou *kaizen* que visa a eliminação de desperdícios, de redução de custos, da prevenção de erros e de aposta nas capacidades dos colaboradores (Pinto, 2008).

O conceito *Lean Thinking* foi empregue pela primeira vez pelos autores Womack e Jones (1996) numa obra de referência com a mesma designação. Este termo, traduzido como “pensamento magro”, é o resultado da evolução gradual do sistema de produção da *Toyota*, que introduz novas práticas e ferramentas que se traduzem na utilização de menos recursos e no reforço da qualidade, flexibilidade e serviço ao cliente (Womack, Jones & Roos, 1990; Womack & Jones, 2003).

Em suma, o *Lean Thinking*, aplicado mundialmente, é uma abordagem orientada para o cliente e para a eliminação do desperdício. Na Figura 1, encontra-se esboçada a casa TPS.

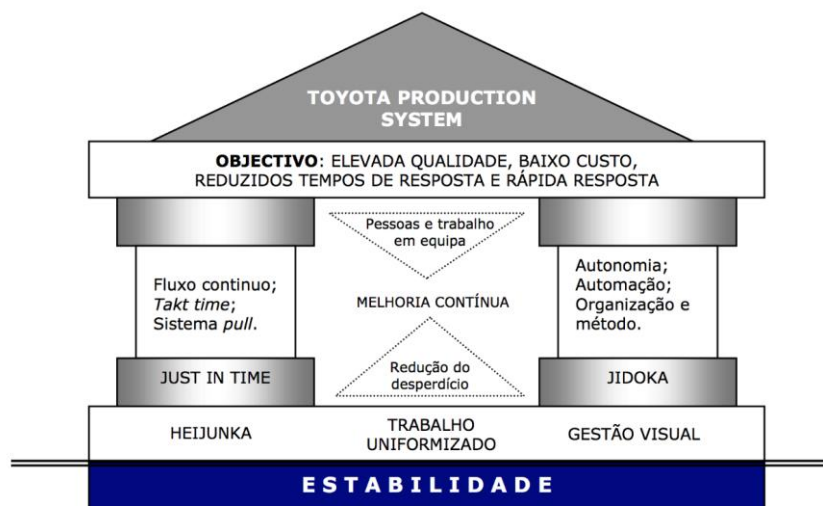


Figura 1- Casa TPS (Fonte: Pinto, 2008)

Como podemos observar pela figura, a adoção da filosofia *Lean* assemelha-se à construção de um edifício composto por múltiplos compartimentos que se relacionam entre si. A casa do TPS é constituída por componentes essenciais sendo que existem dois pilares fundamentais que sustentam a casa:

- **Just in time (JIT):** traduz-se em produzir apenas o que é preciso, quando é preciso, na quantidade necessária (Pinto, 2008).
- **Jidoka:** consiste na criação de condições de trabalho que conduzem à perfeição dos processos através da eliminação de erros e paragens (Pinto, 2008)

2.1.1. Princípios *Lean*

Womack e Jones (2003) apresentam cinco princípios essenciais aquando da implementação desta filosofia no seio de uma organização:

- **Valor:** Trata-se do ponto crítico de partida para a incorporação do *Lean Thinking*. É necessário especificar com precisão o valor de um bem e/ou serviço pelo qual o cliente está disposto a pagar num determinado momento, de modo a satisfazer as suas necessidades e expectativas;

“Providing the wrong good or service the right way is muda”

- **Cadeia de Valor:** comporta o conjunto de todas as atividades essenciais para a conceção de um produto ou serviço. É fundamental identificar a cadeia de valor com exatidão de modo a eliminar todas as atividades que não acrescentam valor, na ótica do cliente, desde a investigação e desenvolvimento, aquisição de matérias-primas até à entrega do produto/serviço ao consumidor final;
- **Fluxo:** após a conclusão das etapas anteriores, torna-se imperativo estabelecer um fluxo contínuo de materiais e informação para evitar paragens desnecessárias, tempos de espera e/ou retrabalho. Um fluxo contínuo permite a redução do *lead-time* das empresas;

- **Sistema *pull*:** a procura por parte dos consumidores pelos serviços e/ou produtos devem determinar a produção. Um sistema de produção deste género apenas “começa” quando recebe encomendas dos clientes ao invés do sistema *push* que empurra os produtos/serviços para o cliente final na expectativa que estes venham a ser adquiridos. Este tipo de sistema, permite às organizações reduzirem os seus níveis de *stock*;
- **Perfeição:** uma vez que a redução de fatores como o *lead-time*, esforço, espaço, erros e custo se trata de um processo sem fim, torna-se necessário instituir um compromisso no sentido de alcançar a perfeição, procurando continuamente eliminar desperdícios e criar valor. Esta perfeição traduz-se em entregar exatamente o que o cliente quer, quando quer (sem atrasos), a um preço justo e com um desperdício mínimo.

Estes cinco princípios não se tratam de um procedimento sequencial, mas sim de uma constante procura pela melhoria contínua (Bicheno e Holweg, 2009).

2.1.2. Os 7 desperdícios

Muda (em Japonês) ou simplesmente desperdício, significa qualquer atividade humana realizada numa organização que consome recursos, mas não cria valor. (Womack & Jones, 2003).

Fujio Cho, antigo presidente da Toyota, define desperdício como: “qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamento, material, peças, espaço e tempo do trabalhador, que são essenciais para agregar valor ao produto” (Bicheno e Holweg, 2009).

Womack e Jones (2003) defendem que o pensamento *lean* representa um antídoto para a eliminação de *mudas*.

O desperdício deve ser totalmente eliminado, contudo existem atividades que representam *mudas*, mas são necessárias (Figura 2). Estas atividades devem ser minimizadas o quanto possível.

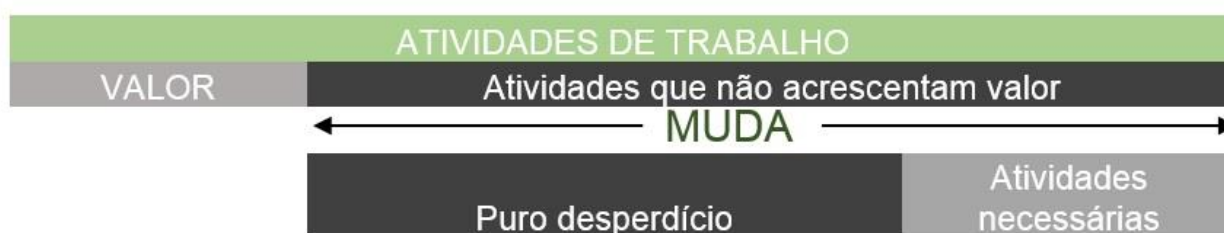


Figura 2- Atividades que acrescentam e não acrescentam valor (Adaptado de: Pinto, 2008)

Citando Pinto (2008), num processo de fabrico típico, 95% do tempo total das atividades subjacentes ao produto é considerado desperdício, sendo o restante considerado valor. Tradicionalmente, as empresas dedicam os seus maiores esforços de aumento de produtividade para os 5% de valor em vez de atuarem sobre os 95%, ignorando o enorme potencial de ganho que pode ser obtido.

As sete fontes de desperdício, classificadas por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, são detalhadas a seguir:

- **Excesso de produção:** considerado o mais grave de todos os sete desperdícios uma vez que é a raiz de tantos outros problemas e a origem de outros desperdícios. Trata-se da produção em quantidade superior à requerida, antes da sua necessidade efetiva.

Uma organização apenas deve produzir aquilo que efetivamente necessita evitando a alocação desnecessária de recursos, o consumo e compra de materiais desnecessários, o aumento do consumo de energia, níveis de *stock* elevados e o condicionamento da flexibilidade do planeamento;

- **Tempos de espera:** referente ao tempo em que operadores e/ou equipamentos se encontram inativos por estarem à espera de qualquer tipo de recurso imprescindível à realização da sua atividade.

Este tipo de desperdício está diretamente relacionado com o fluxo contínuo de materiais e informação, mencionado nos cinco princípios *Lean* anteriormente.

- **Transporte excessivo:** movimentos excessivos de pessoas, materiais ou informação. Este tipo de *muda* pode ser resultado de quatro condições: *layouts* mal definidos, planeamento das operações ineficientes, sistemas de transporte pouco flexíveis ou postos de trabalho mal-organizados. Contudo, trata-se de um desperdício necessário.
- **Desperdício do próprio processo:** a execução de uma determinada operação de forma errada ou demasiado complexa que pode originar defeitos e comprometer a qualidade do produto. Pode ser resultado de má formação dos colaboradores ou falta de uniformização de processos.
- **Excesso de stocks:** qualquer *stock*, seja este de matéria-prima, produto em vias de fabrico ou acabado, que excede as quantidades exigidas para satisfazer a procura atual. Este tipo de *muda* pode ser atenuado, por exemplo, através da implementação de um sistema *pull*.
- **Defeitos (qualidade):** problemas que dizem respeito à qualidade do produto (fora das especificações do consumidor), anomalias no processo produtivo, que exigem reprocessamento do produto ou fraco desempenho na entrega do produto. Estes defeitos provocam custos de qualidade que aumentam quanto maior for o tempo a serem detetados
- **Movimentação desnecessária:** fruto dos movimentos desnecessários e sem valor acrescentado para a realização de tarefas numa operação. Se os operadores têm que se esticar, dobrar, pegar, mover para ver melhor ou de qualquer forma indevidamente, a vítima é imediatamente o operador, mas em última análise, a qualidade e o cliente (Bicheno e Holweg, 2009).

2.2. Metodologias e Ferramentas *Lean*

Existe um vasto leque de metodologias e ferramentas do universo *Lean Thinking* que podem ser implementadas em qualquer contexto organizacional. Normalmente, são utilizadas de forma integrada e consoante a abordagem pretendida para a situação em estudo.

Neste capítulo são, apenas, mencionadas aquelas que foram aplicadas no âmbito do presente projeto.

2.2.1. Total Productive Maintenance (TPM)

A Manutenção Produtiva Total faz parte integrante de qualquer ambiente de produção. É uma metodologia que permite aumentar a eficácia de um equipamento através do aumento de rendimento dos operadores e dos equipamentos. Surgiu nos anos 70, elaborada por Seiichi Nakajima, para apoiar a produção *JIT*, com o intuito de estabelecer uma estratégia capaz de atingir os zero defeitos, zero paragens e zero acidentes.

O TPM centra-se na melhoria da qualidade dos equipamentos que procura maximizar a eficiência do equipamento através de um sistema total de manutenção preventiva que abrange a vida útil do equipamento (Imai, 1997).

Nippondenso, membro do grupo Toyota, citado em Womack e Jones (2003) refere-se ao TPM como sendo *“uma série de métodos para garantir que cada máquina de um processo de fabrico é sempre capaz de executar as tarefas necessárias para que a produção nunca seja interrompida”*.

Com o crescente desenvolvimento da automação e robotização, nos meios fabris, é apropriado afirmar que a qualidade depende do equipamento (Nakajima, 1988).

Um sistema *Just-in-Time* não pode ser bem-sucedido se existir uma constante quebra de produção, consequência de falhas ou erros de qualidade associados ao mau funcionamento dos equipamentos e/ou ferramentas (Pinto, 2008).

A palavra “Total” em TPM tem três significados relacionados com três importantes características do TPM (Nakajima, 1989):

- **Total eficiência:** implica uma procura contínua pela eficiência económica ou rentabilidade;
- **Total sistema de manutenção:** Abrange a manutenção preventiva e a melhoria dos processos de manutenção e, pretende, estabelecer um plano de manutenção extensível a toda a fábrica durante a vida útil dos equipamentos;
- **Total participação:** Estimula a participação de todos os colaboradores, de todos os níveis organizacionais, na manutenção autónoma.

Citando Stevenson (2002): *“Quando as características inerentes ao TPM são combinadas com o processo JIT, torna-se exequível atingir a excelência na produção, também designada por World Class Manufacturing”*.

Para implementar o TPM numa organização é preciso estar ciente de que todos são responsáveis pela utilização e manutenção dos equipamentos. Esta técnica concentra-se no bem mais precioso de uma fábrica: as pessoas. Os operadores devem ser encorajados a participarem de forma ativa na preservação das condições normais de funcionamento dos seus equipamentos pois, só desta forma, é possível garantir um fluxo de produção contínuo e suave (Pinto, 2008).

É necessário que exista uma forte ligação entre o colaborador e os seus equipamentos, pois quanto mais elevado for o conhecimento da máquina, mais fácil será reduzir, ou até mesmo eliminar, as fontes de desperdício de eficiência.

Para obter uma implementação eficaz do TPM numa organização, Nakajima (1988) identificou 5 elementos indispensáveis a alcançar:

- Maximizar a Eficácia Global dos Equipamentos;
- Desenvolver um sistema de manutenção preventiva para todo o ciclo de vida útil dos equipamentos;
- Todos os departamentos devem ser incluídos aquando a implementação do TPM (departamento de engenharia, de operações e manutenção);
- Todos os colaboradores da organização devem estar envolvidos, desde a gestão de topo aos operadores do *gemba*;
- Devem ser realizadas sessões de promoção do TPM, através da gestão da motivação, em pequenos grupos autónomos para consolidar ações de melhoria contínua

A ferramenta TPM abrange atividades que pretendem eliminar as seis grandes perdas que afetam a produtividade global. Estas perdas encontram-se descritas no subcapítulo 2.2.4.

O duplo objetivo desta metodologia é zero avarias e zero defeitos. Quando as falhas e defeitos são eliminados, as taxas de operação do equipamento melhoram, os custos são reduzidos, o inventário pode ser minimizado e, conseqüentemente, a produtividade do trabalho aumenta (Nakajima, 1988).

Willmott (1990) e Nakajima (1988) afirmam que o TPM pode reduzir o número de falhas até 1/50 do seu valor inicial, aumenta os níveis de operacionalidade das máquinas de 17 a 26%, reduz o número de produtos com defeitos em mais de 80% e aumenta a produtividade global dos colaboradores em 40 a 50%.

Contudo, estes resultados não se obtêm de um dia para o outro. Willmott (1990) acredita que, tipicamente, quatro anos é o período mínimo para a introdução do TPM numa empresa até que esta possa apresentar resultados positivos.

Para que tal seja possível, existem estratégias básicas para uma correta aplicação do TPM num seio organizacional. Na Figura 3, constam os 8 pilares desta filosofia.

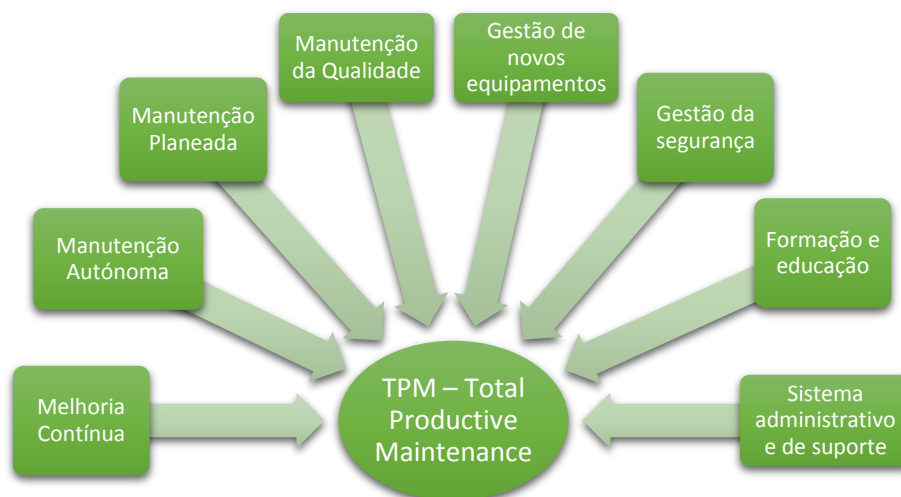


Figura 3- Oito Pilares Básicos do TPS (Fonte: The Productivity Development Team, 1999)

É importante realçar que nem todas estas estratégias têm de ser implementadas ao mesmo tempo. Cada empresa deve desenvolver uma sequência de implementação apropriada à sua situação (Nakajima, 1988).

A filosofia TPM vai muito além de questões relacionadas com avarias para cobrir a disponibilidade, desempenho, qualidade bem como a segurança e o investimento de capital através das melhores práticas de utilização dos equipamentos para prolongar a sua vida útil (Bicheno e Holweg, 2009). O TPM pode ser visto em relação à “Curva da banheira”. Esta curva é uma representação da distribuição de avarias de uma larga gama de equipamentos ao longo do tempo – Figura 4.

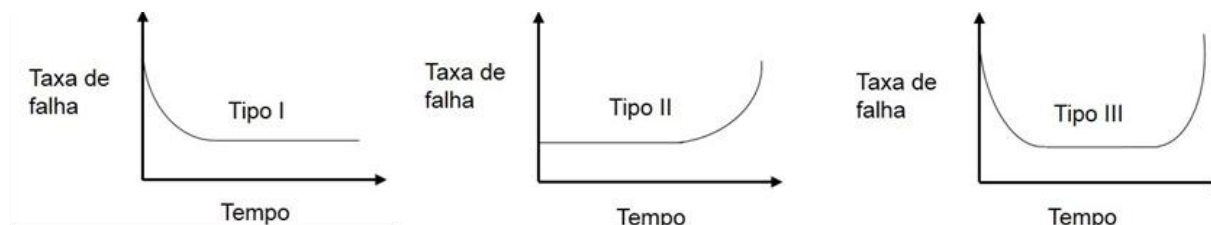


Figura 4- Curva da banheira do tipo I, II e III (Fonte: Bicheno & Holweg, 2009)

É possível identificar três regiões distintas:

A primeira região, tipo I, é denominada por início de vida o qual apresenta um elevado número de avarias que coincide com as primeiras horas de operação. Estas podem dever-se a deficiências de fabrico, problemas de transporte/instalação ou inexperiência do operador.

Na segunda região, tipo II, fase da maturidade, podemos observar uma distribuição de avarias uniforme ao longo do tempo. A taxa de avarias neste ponto é praticamente constante podendo ser aleatória. Trata-se do período de maior rendimento do equipamento.

Por fim, a região do tipo III corresponde à fase do envelhecimento. Aqui verificamos um aumento significativo do número de avarias à medida que aumenta o tempo de funcionamento de uma operação.

O TPM incide sobre todas as fases desta curva (Bicheno e Halweg, 2009):

- Reduz as falhas/avarias no período I através da manutenção preventiva e sobre o aumento do conhecimento sobre o devido funcionamento dos equipamentos;
- Reduz as falhas/avarias no período II através da manutenção autónoma e do programa de nove passos de Willmott;
- Reduz as falhas/avarias no período III através da manutenção planeada e preditiva

Basicamente, o TPM é uma ferramenta orientada para as pessoas e os processos que pretende resolver os problemas na fonte em vez de os contornar exigindo uma grande atenção ao detalhe de modo a encontrar oportunidades de melhoria.

2.2.2. Tipos de Manutenção

Manutenção Corretiva: tem como principal função corrigir ou restaurar as condições de funcionamento de um determinado equipamento (Cabral, 2004). Normalmente este tipo de manutenção é dispendiosa pois pode obrigar à paragem da produção para proceder à reparação do equipamento. Esta distingue-se em duas fases: manutenção corretiva não planeada e manutenção corretiva planeada. A primeira corresponde à correção da falha de modo aleatório, isto é, após a sua ocorrência, espera-se que seja corrigida.

Por outro lado, a manutenção corretiva planeada faz alusão a situações onde a manutenção é previamente planeada antes da ocorrência de falhas do equipamento (Cabral, 2004).

Manutenção Preventiva: este conceito abrange todas as ações de inspeção e avaliação dos equipamentos de modo a serem identificadas possíveis falhas de avaria, antes de estas acontecerem. Assim, é possível garantir que não existem interrupções inesperadas das máquinas. Esta técnica obedece a um planeamento baseado em períodos estabelecidos de tempo (Cabral, 2004). Este tipo de manutenção baseia-se na probabilidade estimada de que o equipamento irá ter quebras de funcionamento ou sofrerá de deterioração no seu desempenho no intervalo especificado. Pode incluir ações de lubrificação de máquinas, limpeza, substituição de peças ou ajuste e aperto de ferramentas (Ahuja & Khamba, 2008).

Manutenção Preditiva: este método sugere a análise da condição do funcionamento dos ativos da organização. Normalmente precedente à manutenção preventiva, dá conhecimento da necessidade, ou não, de intervenções de reparação nos equipamentos. Trata-se de um tipo de manutenção que se rege por um acompanhamento constante de parâmetros que indicam o desempenho das máquinas (Ahuja & Khamba, 2008).

Manutenção Autónoma: um tipo de manutenção assente na metodologia do TPM, que o distingue de todas as outras filosofias da gestão de manutenção. Cada colaborador é responsável pela condição do seu equipamento. Desta forma, é possível elaborar um plano de manutenção que contenha rotinas de inspeção e que seja cumprido e compreendido por todos. O objetivo é

que os colaboradores sejam capazes de mudar de postos de trabalho e executem afinações ou operações de manutenção quando necessário (Pinto, 2008).

2.2.3. Modelo dos 9 passos de Willmott

Peter Willmott propôs um modelo de nove passos com enfoque nas atividades do TPM. Estas fases estão divididas em três ciclos distintos: ciclo de medição, ciclo de condições e ciclo de prevenção de problemas (Willmott, 1990; Bicheno e Halweg, 2009). O primeiro ciclo deste modelo encontra-se representado na Figura 5.

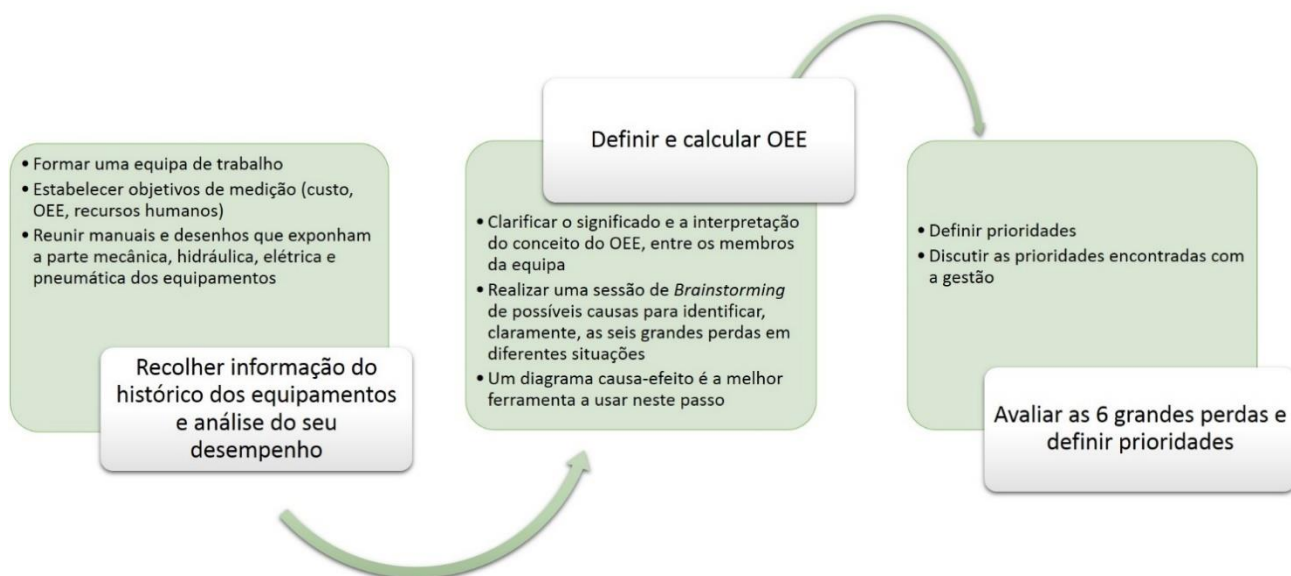


Figura 5- Primeiro ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009)

Na figura 6 está identificado o segundo ciclo do modelo.



Figura 6 – Segundo ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009)

Por fim, na figura 7, encontra-se o terceiro e último ciclo dos 9 passos de Willmott.

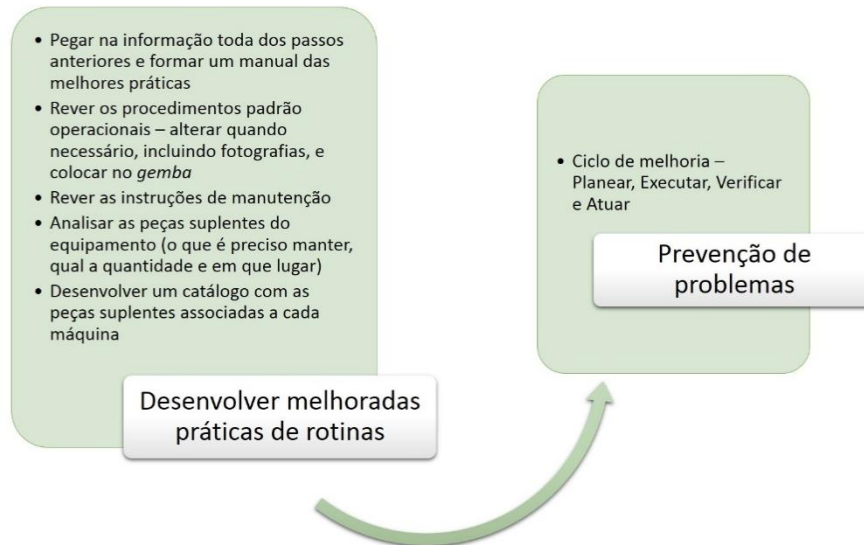


Figura 7- Terceiro ciclo dos 9 passos de Willmott (Adaptado de: Bicheno & Holweg, 2009)

2.2.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Após a resolução de anomalias presentes nos equipamentos, torna-se imprescindível garantir as condições ideais de funcionamento, procurando obter destes uma maior eficiência, permitindo satisfazer as expectativas dos consumidores. Para tal, as empresas recorrem a indicadores de desempenho para perceber, a todo o momento, qual o estado real do *gembá*. Na filosofia TPM, os gestores recorrem à métrica do OEE - *Overall Equipment Effectiveness*.

O OEE é um indicador de performance que serve de propósito à medição da eficiência de um processo. Este indicador tem um papel proeminente na maximização da eficiência uma vez que além de gerar o resultado da eficiência permite análises detalhadas a partir do desdobramento do seu cálculo. Logo, é possível analisar as condições reais da utilização dos ativos da organização (Nakajima, 1988).

Segundo Chand e Shirvani (2000) “o OEE é a medida do valor acrescentado na produção através do equipamento, sendo função da disponibilidade, eficiência e taxa de qualidade”.

Numa primeira fase, pode ser utilizado como *benchmark* para que, em situações futuras, os valores possam ser comparáveis de forma a avaliar a qualidade das melhorias implementadas (Nakajima, 1988).

Este indicador permite identificar qual o equipamento ou conjunto de equipamentos com menor eficiência, possibilitando, assim, salientar quais as ações de melhoria a efetuar.

As principais áreas de aplicação do OEE são os processos automáticos e semiautomáticos, principalmente devido ao parâmetro do tempo de ciclo (Jeong et al. em Andersson e Bellgran, 2014). Outra situação onde o OEE se mostra vantajoso de aplicar é em processos com um alto volume de produção, onde a capacidade de utilização é de alta prioridade e as disrupções são bastante dispendiosas e levam a perdas de capacidade (Garza-Reyes et al. em Andersson e Bellgran, 2014).

Silva (2009), considera este indicador como a medição de forma tridimensional do desempenho, já que tem em consideração o tempo útil para a produção, a eficiência demonstrada durante o seu funcionamento e a qualidade do produto obtido pelo processo em questão.

“Se, num determinado período de tempo, não existirem perdas de nenhum tipo, isto é, o equipamento esteve sempre apto a produzir quando necessário, sempre sem defeitos, à primeira e à velocidade definida, então diz-se que operou com 100% de eficácia global”. Esta é a interpretação que Silva (2009) faz sobre o conceito do OEE, através da definição de máquina perfeita.

Nakajima(1988) refere que *“a análise OEE é uma abordagem bottom-up, através de trabalho integrado e coordenado para alcançar a máxima eficiência dos equipamentos pela eliminação das seis grandes perdas”.* Assim, para alcançar a máxima eficiência global dos equipamentos é necessário identificar todas as perdas associadas ao seu funcionamento.

As perdas de produção são inerentes ao funcionamento dos equipamentos e podem ser catalogadas em três categorias – disponibilidade, performance e qualidade – que estão intimamente ligadas ao conceito do OEE.

A Tabela 1 pretende expor uma breve descrição de cada uma das seis perdas.

Tabela 1- Seis Grandes Perdas (Fonte: Nakajima, 1988)

Tipos de Perdas	Causas
Falhas/Avárias do equipamento	Diz respeito a paragens não planeadas que requerem intervenção e resulta na indisponibilidade do equipamento durante um certo período de tempo até que seja reposta a condição ideal de funcionamento; Podem ser resultado de falhas elétricas, mecânicas, hidráulicas ou pneumáticas
Setups e Ajustagens	Corresponde a mudanças na produção (ordens de fabrico, por exemplo) ou de produtos
Pequenas Paragens	Correspondem a interrupções nos ciclos dos equipamentos devido a quebras de produção constantes. Quando são recolhidos dados, as pequenas paragens revelam-se como sendo a perda mais significativa ocorrida
Redução de velocidade relativamente ao pré-estabelecido	Resulta da diferença entre a velocidade teórica de um equipamento e a velocidade real. Isto pode ocorrer devido a restrições de fluxo, erros de programas em máquinas CNC ou ferramentas desgastadas

Defeitos de qualidade e retrabalho	Defeitos causados pelo funcionamento fora das especificações dos equipamentos
Perdas no Arranque	Equipamentos que exigem um período de tempo de estabilização até alcançarem as condições próprias de produção

Na Figura 8 encontram-se representadas as perdas mencionadas acima. A eficiência da manutenção encontra-se relacionada com a ponta do *iceberg* e, por outro lado, a eficácia com a sua parte inferior. Os problemas observados abaixo da superfície são, geralmente, considerados como os custos das não-conformidades. Este impacto é tão significativo que uma redução de apenas 10% destes custos, pode resultar num aumento de 1% do OEE. Assim, para garantir um valor do indicador elevado, torna-se imperativo reduzir estas perdas, uma vez que afetam diretamente os índices do qual o OEE está dependente (Willmott & McCarthy,2000).

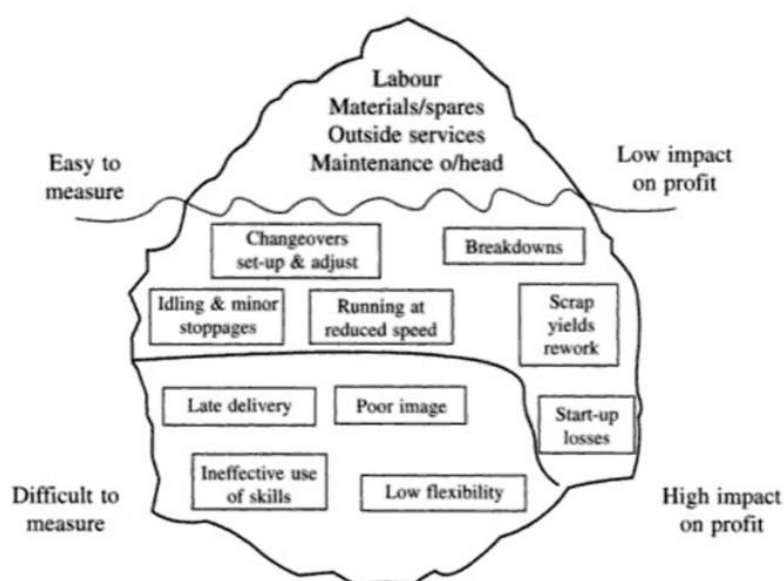


Figura 8- Custos escondidos (Fonte: Willmott & McCarthy, 2000)

2.2.4.1. Componentes do OEE

Esta métrica trata-se de um rácio percentual que se expressa através do produto de três distintos índices: de disponibilidade, de performance e de qualidade.

A Figura 9 ilustra como as perdas de disponibilidade, eficiência e qualidade influenciam diretamente os valores deste indicador.



Figura 9- Fatores do OEE e perdas relacionadas com os equipamentos (Adaptado de: Andersson & Bellgran, 2014)

A definição original de Nakajima exclui o tempo inativo planeado, como a manutenção programada e pausas previamente definidas, do tempo total disponível ao passo que outros autores incluem esse tempo como perdas do equipamento que são, especialmente, importantes na indústria de capital (Andersson e Bellgran, 2014).

O fator disponibilidade diz respeito ao total de perdas resultantes das paragens não programadas. De uma forma simples, é o rácio entre o tempo de operação real e o planeado.

Dat t al. (2002) dão ênfase ao conceito de *loading time* como o tempo de produção após a dedução das paragens planeadas. Estas paragens podem incluir diversas situações como pausas planeadas para refeições, manutenção planeadas, manutenção autónoma, entre outras.

A disponibilidade pode, então, ser calculada da seguinte maneira (Equação 1):

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de abertura planeado} - \text{Paragens não programadas}}{\text{Tempo de abertura planeado}} \quad (1)$$

Sendo que o tempo de produção é calculado através da subtração do tempo de paragens planeadas ao tempo de abertura planeado (Equação 2):

$$\text{Tempo de produção} = \text{Tempo de abertura planeado} - \text{paragens planeadas} \quad (2)$$

A eficiência está relacionada com o desempenho atual do equipamento, ou seja, faz um paralelismo entre a produção real e a expectável. Se o equipamento produzir, no tempo de produção, sempre à velocidade nominal é possível que consiga obter resultados similares à produção esperada. No entanto, ocorrem perdas que não permitem que o equipamento funcione sempre à mesma velocidade influenciando, negativamente, a produção esperada. Assim, este fator pode ser calculado da seguinte forma (Equação 3):

$$Eficiência = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{Output}}{\text{Tempo de produção}} \quad (3)$$

Por último, o fator qualidade está relacionado com a taxa de produção não conforme sobre o volume total (Dal et al., 2000). Normalmente, a maior parte da produção real

corresponde a produção conforme, mas existe sempre alguma produção que se encontra fora dos limites de especificação. A qualidade é calculada da seguinte maneira (Equação 4):

$$Qualidade = \frac{Produção\ total\ conforme}{Produção\ total} (4)$$

Este fator inclui tanto os defeitos como partes de produto que tenham de ser retrabalhadas.

Ao combinar estas três equações, obtemos o valor do indicador OEE (Equação 5):

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade (5)$$

De notar que as fórmulas de cálculo utilizadas neste projeto têm por base as descritas por Chan et al., (2000). No entanto, todas elas são semelhantes uma vez que derivam dos pressupostos estabelecidos por Nakajima (1988).

Cada elemento do OEE deve ser representado graficamente assim como a influência de cada um sob o valor total do indicador. Posteriormente, devem ser colocados no *gemba* juntamente com um diagrama de causa-e-efeito mostrando as possíveis causas para os valores obtidos (Bicheno e Halweg, 2009).

Pela observação da Figura 10, torna-se evidente a relação existente entre as componentes do indicador OEE e as perdas definidas por Nakajima.

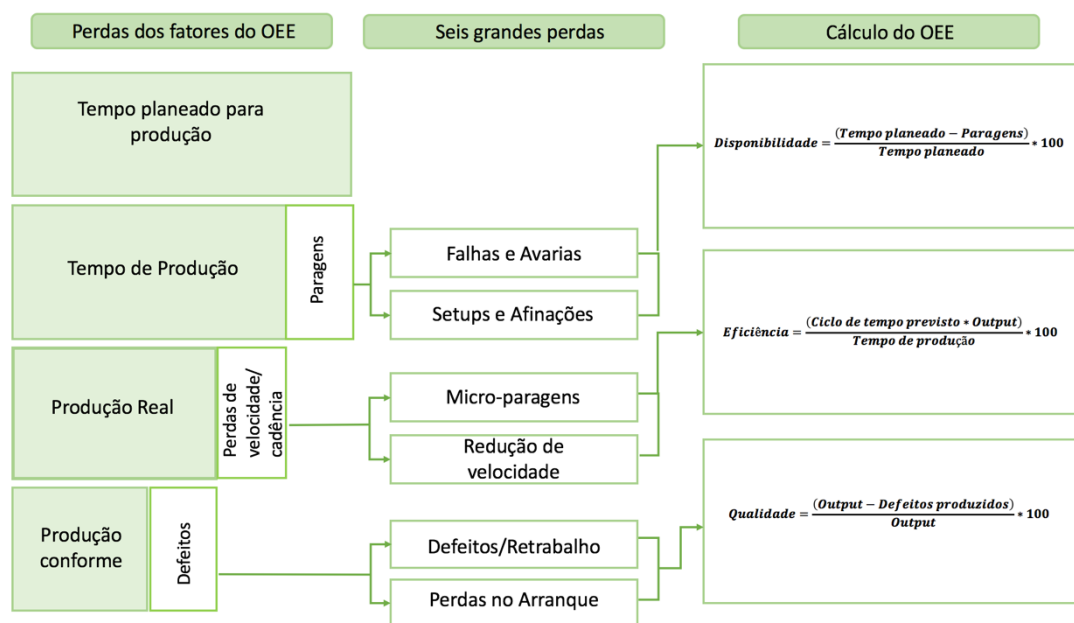


Figura 10 - Cálculo do OEE baseado nas seis grandes perdas de produção (Fonte: Ahuja & Khamba, 2008)

Silva (2009) reconhece que a melhoria contínua do OEE deve ser um processo sistematizado. Apesar de não existir grande uniformidade entre autores sobre os valores reconhecidos como sendo de classe mundial (Dat el al., 2000), Nakajima (1988) propõe os seguintes valores para as três componentes:

- **Disponibilidade** – 90%
- **Eficiência** – 95%
- **Qualidade** – 99%

Este indicador é considerado “indesejado” para valores abaixo de 65% e ideal para valores superiores ou iguais a 85% (Nakajima, 1988). Na Figura 11, estão expostas as designações para cada valor encontrado do indicador OEE.



Figura 11- Designações dos valores do OEE (Adaptado de: Nakajima, 1988)

Em tom de conclusão, o OEE não é nada mais do que a percentagem do tempo efetivo de produção sem perdas associadas a avarias, *setups*, micro-paragens, perdas de velocidade e defeitos.

2.2.4.2. MUBA

A medição do nível de efetividade do TPM é, geralmente, medida, através do OEE que é uma função da disponibilidade, qualidade e *performance* (eficiência). Tal, exige uma quantidade elevada de recolha de dados relativos às três componentes.

Como Johnsons e Lesshammar (1999) defendem: “a recolha de dados deve ser de um nível tão detalhado que satisfaça os seus objetivos sem ser desnecessariamente exigente de recursos. Uma recolha de dados muito detalhada pode resultar na desmotivação e reação contra a medição por parte dos trabalhadores” (Chan et al., 2003). Desta forma, para conseguir obter sucesso na obtenção de dados é importante encontrar um método menos demorado mas também claro e exato.

Chan et al., (2003) fazem menção a uma fórmula alternativa ao OEE para a implementação do TPM em processos automatizados, designada por MUBA (Equação 6):

$$MUBA = \text{Número total de unidades produzidas} \div \text{Número de paragens (6)}$$

O número de paragens é automaticamente disponibilizado pelo equipamento, facilitando, assim, a obtenção de dados.

2.2.5. Layout Celular

Tradicionalmente, quando se projeta o dimensionamento de uma linha de produção, a tendência é o comum *layout* em linha ou por processo. Outro elemento intrínseco à filosofia do TPS/JIT é a criação de células de trabalho. Esta estratégia de fabrico torna-se bastante útil devido à sua flexibilidade de fabricar partes/peças (Silva, 2008).

Vantagens do *layout* em U:

- Eliminação de movimentações desnecessárias;
- Inexistência de formação de lotes;
- Existência de FIFO;
- Melhores níveis ergonómicos e produtivos

Na Figura 12 está desenhado um layout deste género.

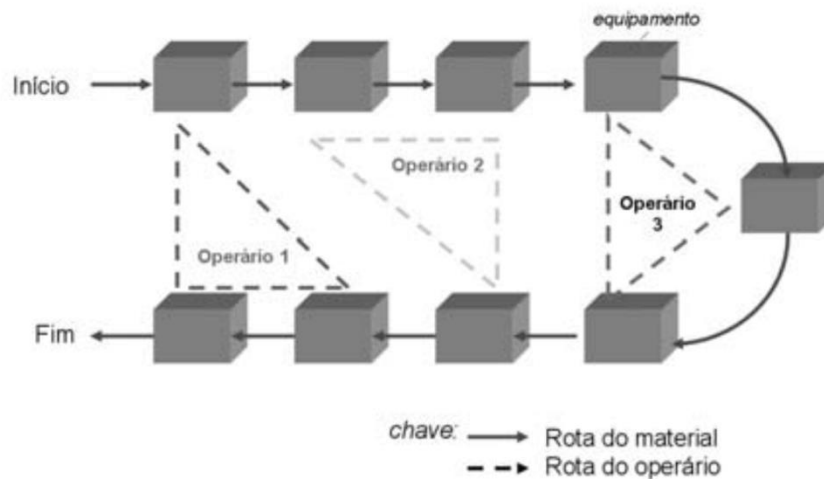


Figura 12- Célula de produção (Fonte: Pinto, 2008)

2.3. Ferramentas Básicas da Qualidade

O processo de melhoria contínua implica o uso de ferramentas que auxiliem a identificação e posterior resolução de problemas.

No século XX foram desenvolvidas as ferramentas básicas da qualidade de aplicação generalizada a quase todos os níveis organizacionais. Estas, apesar de bastante simples, são extremamente úteis na resolução estruturada de problemas (Pereira & Requeijo, 2008). Podem ser utilizadas para definir, medir, analisar e propor soluções aos problemas identificados que interferem no desempenho dos processos organizacionais.

Em cada fase da resolução de um problema podem ser aplicadas várias ferramentas, sendo que cada uma delas tem a sua finalidade (Figura 13).

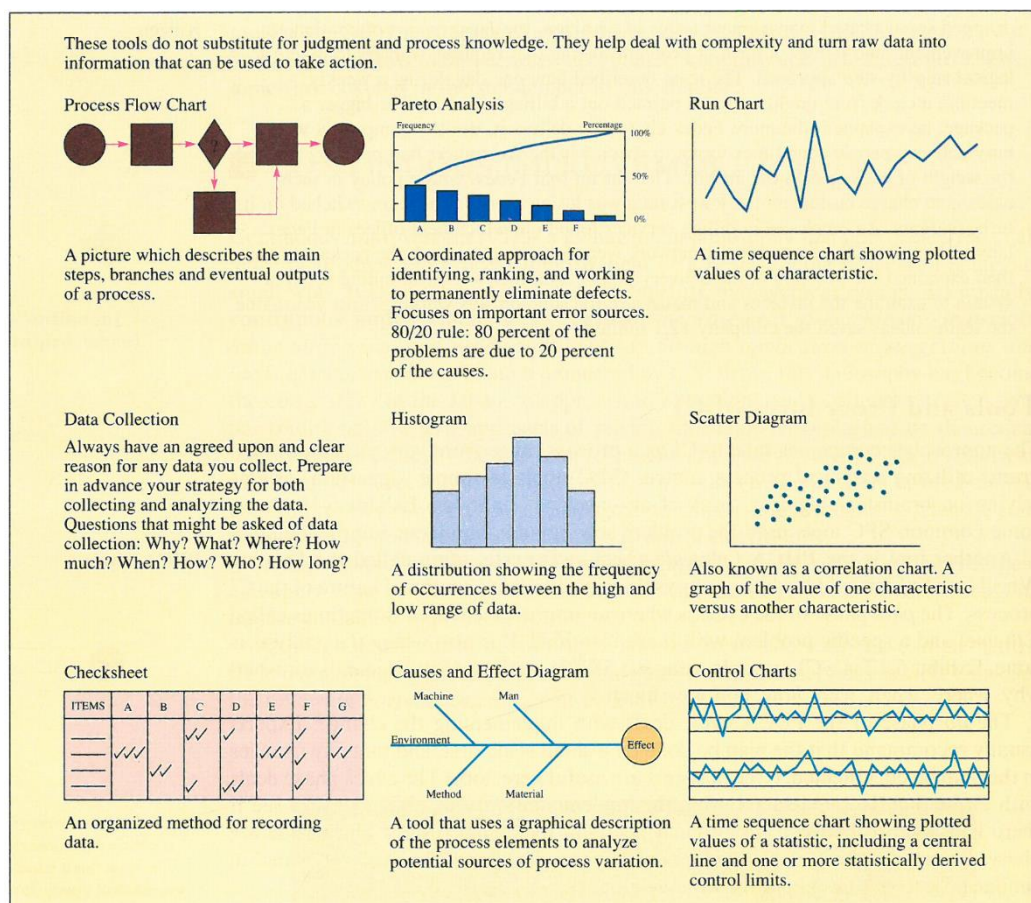


Figura 13- Ferramentas de controlo estatístico de processo de auxílio à resolução de problemas (Fonte: Chase et al., 1998)

A resolução estruturada de problemas é baseada no ciclo PDCA, ou roda de Deming, outra ferramenta utilizada para a resolução de problemas estruturados que transmite a natureza sequencial e contínua da melhoria contínua (Chase et al., 1998).

A primeira fase do ciclo – planear - consiste na identificação de um objetivo de melhoria e consequente plano de ação para o atingir. A fase “fazer” do ciclo, baseia-se na implementação da mudança, definida anteriormente. Seguidamente, é importante verificar se a ação implementada proporcionou a melhoria previamente definida, isto é, verificar se existe um bom ajuste entre o objetivo original e os resultados reais. Na última etapa, caso os resultados superem o objetivo definido é padronizado o novo procedimento e replicado em processos similares ao longo de toda a organização (Imai, 1997).

A resolução estruturada de problemas compreende três fases distintas (Pereira & Requeijo, 2008):

- **Identificação do problema** – Definição, descrição e caracterização do problema em estudo
- **Análise do problema** – Elaboração de uma listagem de causas potenciais e seleção de causas prioritárias

- **Resolução do problema** – Desenvolvimento, implementação e monitorização da melhor solução

Consoante Pereira e Requeijo (2008), são sete as ferramentas utilizadas para a resolução eficaz de problemas:

1. Fluxograma
2. Folhas de registo e verificação
3. Histograma
4. Diagrama de Pareto
5. Diagrama de causa-e-efeito
6. Gráfico de dispersão
7. Cartas de controlo

De seguida, serão descritas quatro destas ferramentas utilizadas na realização do presente relatório.

2.3.1. Fluxograma



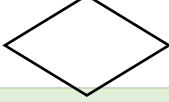
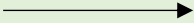


O fluxograma foi a primeira ferramenta a ser empregue na realização deste projeto pois é essencial para estudar o funcionamento de um processo.

É fulcral que os colaboradores de uma empresa conheçam os processos pelos quais estão responsáveis, pois só desta forma poderão contribuir positivamente para a melhoria contínua dos mesmos (Pereira & Requeijo, 2008).

O fluxograma é uma representação gráfica que caracteriza, sequencialmente, todas as etapas de um processo para a obtenção de um determinado produto, seja este um resultado tangível ou intangível. O processo descrito pode ser referente a um processo administrativo ou de serviço, um processo de fabrico ou de um plano para um processo de melhoria da qualidade (Tague, 1995).

A simbologia utilizada é de carácter universal, a qual se encontra representada na Tabela 2.

Tabela 2- Simbologia utilizada no fluxograma

	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica um momento de espera/atraso

2.3.2. Folhas de registo e verificação

Também conhecida como formulário de recolha de dados, esta ferramenta tem como intuito facilitar a recolha e registo de dados, obtendo-se fatos objetivos e não meras especulações (Pereira & Requeijo, 2008).

Esta ferramenta deve ser aplicada numa fase inicial do estudo de um processo. Também pode ser utilizada para confirmar se as etapas de um determinado processo ou operação foram efetivamente realizadas (Tague, 1995).

Para elaborar e aplicar qualquer folha de registo deve-se definir claramente a situação a estudar, criar o formato da folha, definir o período de recolha de dados e obtê-los corretamente. A informação obtida será mais organizada e concisa possibilitando uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação.

Na Figura 14, encontra-se ilustrada uma possível estrutura deste tipo de ferramenta.

[illegible]

De notar que não existe um modelo fixo para as folhas de registo e verificação, uma vez que cada folha tem o seu propósito. Desta forma, a informação disposta na folha de registo deve ser adequada ao problema em si e os dados recolhidos deverão fornecer o máximo de informações possíveis relativas à origem do defeito.

2.3.3. Diagrama de Pareto

Desenvolvido pelo economista Vilfredo Pareto, o diagrama de Pareto é um histograma utilizado para identificar a contribuição relativa de cada causa para o problema em questão. O princípio de Pareto reside na regra dos 80-20, em que grande maioria dos problemas derivam de um pequeno número de causas.

Joseph Juran adaptou o princípio de Pareto à gestão da qualidade, considerando que, genericamente, 80% dos problemas existentes num processo produtivo são causados por 20% das causas possíveis de os provocar (Pereira & Requeijo, 2008).

A construção de um diagrama de Pareto inclui as seguintes etapas:

1. Definir os dados a recolher, bem como o seu período de recolha;
2. Proceder à recolha de dados;
3. Classificar os dados obtidos em categorias e quantificar cada uma delas;
4. Calcular a percentagem relativa a cada categoria;
5. Ordenar as percentagens por ordem decrescente de valor;
6. Representar num gráfico de barras as categorias (eixo horizontal) e as respetivas percentagens relativas (eixo vertical);

7. Esboçar a curva dos valores acumulados das frequências

Sendo o diagrama organizado consoante a frequência de cada causa, torna-se fácil a identificação das mais significativas para o problema em questão. O comprimento das barras desenhadas representa a frequência de ocorrência ou custo de um problema. Portanto, o gráfico demonstra visualmente quais as situações mais significativas permitindo estabelecer prioridades de atuação (Tague, 1995).

No entanto, sendo este um diagrama de frequências, não indica quais as categorias mais importantes, mas apenas as que ocorrem com maior frequência (Pereira & Requeijo, 2008). Numa situação de identificação de defeitos de um determinado produto, poderão existir defeitos bastante graves, mas com uma baixa frequência de ocorrência. Neste caso, podem ser realizados dois diagramas diferentes: um de ocorrência e outro de custo (tempo ou monetário). A Figura 15 expõe um exemplo deste tipo de ferramenta.

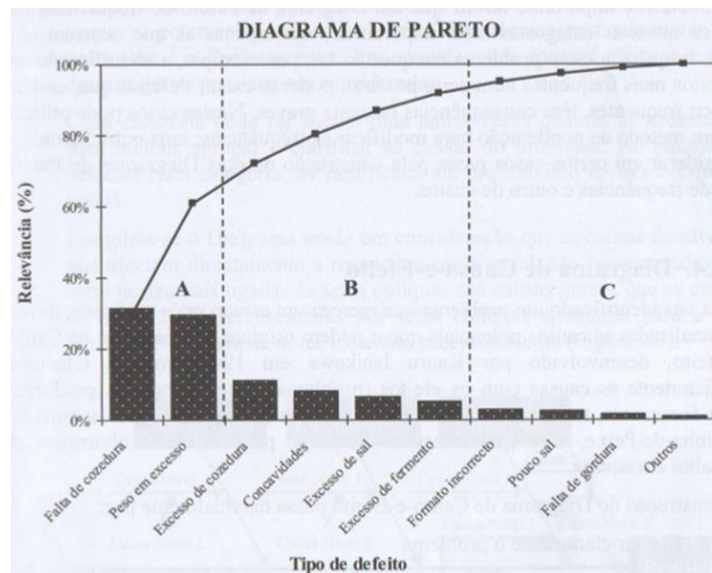


Figura 15- Diagrame de Pareto ou Análise ABC (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008)

2.3.4. Diagrama de causa-e-efeito

Esta ferramenta, também denominada como diagrama de Ishikawa, procura identificar potenciais causas de um problema e relacioná-las com os efeitos (problemas) que produzem. Permite que se faça, imediatamente, uma classificação das causas em categorias úteis (Tague, 1995).

É particularmente adequada para o desenvolvimento de trabalho em equipa numa fase de *brainstorming* e a sua construção envolve os seguintes passos (Pereira & Requeijo, 2008):

1. Definir claramente o problema;
2. Identificar as causas do problema;
3. Selecionar as causas mais prováveis;

4. Definir e implementar as causas mais prováveis;
5. Avaliar a eficácia das ações implementadas

Na Figura 16 encontra-se ilustrado um diagrama de causa-e-efeito associado ao problema do indicador OEE:

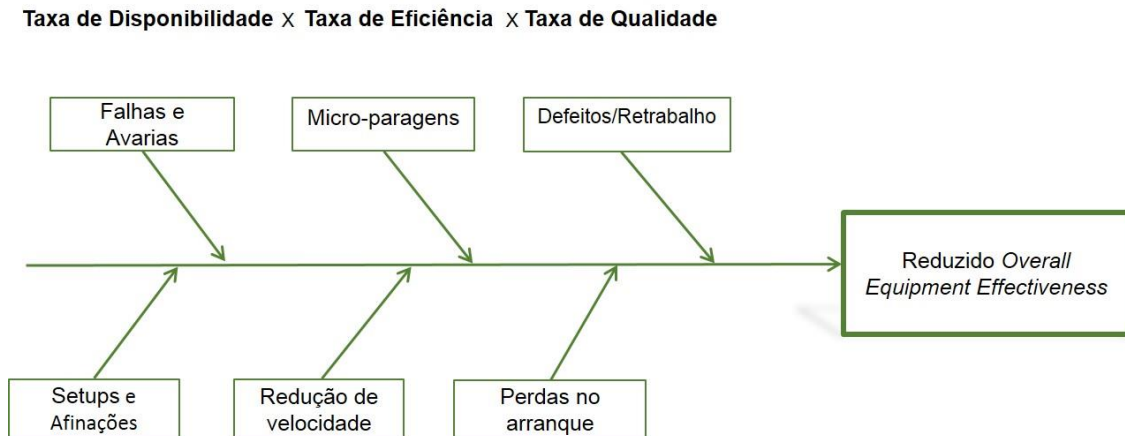


Figura 16- Diagrama de causa-e-efeito aplicado ao problema do OEE (Adaptado de: Bicheno & Halweg, 2009)

Interessa referir que um diagrama de causa-e-efeito apenas permite fazer uma seleção qualitativa das causas provocadoras de um determinado efeito. De maneira a completar a análise de forma quantitativa, deve-se recorrer a outro tipo de técnicas como é o caso do planeamento ou desenho de experiências (Pereira & Requeijo, 2008).

3. Caso de Estudo – Amorim & Irmãos

3.1. Apresentação da empresa

A Corticeira Amorim é, atualmente, uma das maiores multinacionais de origem portuguesa. Fundada em 1870 surgiu no mercado como uma unidade produtora de rolhas de cortiça para a indústria vinícola, de caráter meramente familiar, sendo agora líder mundial na indústria da cortiça.

Com um volume de negócios anual de 605M euros, o grupo Amorim, é responsável por 35% da transformação mundial da cortiça e encontra-se estruturado em cinco unidades de negócio. Estas utilizam a matéria-prima para diversas aplicações, sendo a sua missão transversal a todas as unidades: *“acrescentar valor à cortiça, de forma competitiva, diferenciada e inovadora, em perfeita harmonia com a natureza”*. Na Figura 17 estão representados os 5 grupos constituintes da Corticeira.

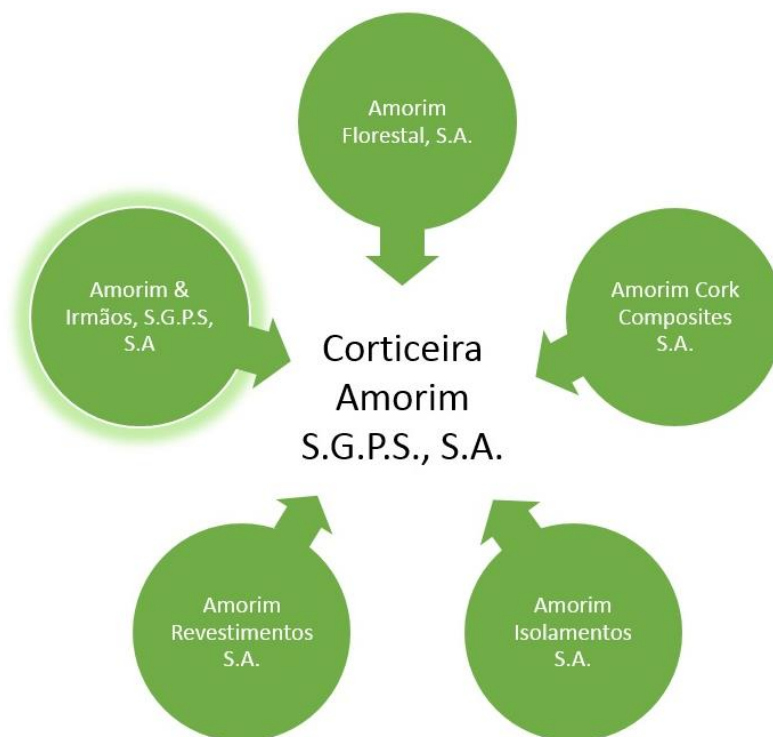


Figura 17- Grupos constituintes da Corticeira Amorim

3.2. Amorim & Irmãos, S.G.P.S, S.A – Unidade de Lamas

A Amorim & Irmãos (AI) é a unidade de negócio do grupo que se dedica à produção de rolhas. A sua produção anual é de 4.200.000.000 rolhas, sendo, assim, a maior empresa produtora e fornecedora de rolhas de cortiça a nível mundial.

A AI detém uma vasta extensão de produtos que garantem os mais altos níveis de desempenho em todo o tipo de vinhos, champanhes ou bebidas espirituosas. É titular de 8 unidades industriais em Portugal (Figura 18) que se destinam à produção e distribuição de rolhas

naturais, aglomeradas, técnicas, de champanhe e capsuladas. No anexo A são apresentados os produtos da empresa.

O presente projeto foi desenvolvido na Unidade Industrial de Lamas, pertencente ao grupo Amorim & Irmãos, que produz, atualmente, rolhas naturais, colmatadas e *acquamark*. Foi a primeira unidade industrial a surgir (1922) e produz diariamente 5 milhões de rolhas por dia.



Figura 18- Fábricas do domínio da Amorim & Irmãos

3.3. Processo Produtivo

O fluxograma referente ao processo produtivo da unidade industrial de Lamas está representado na Figura 19.

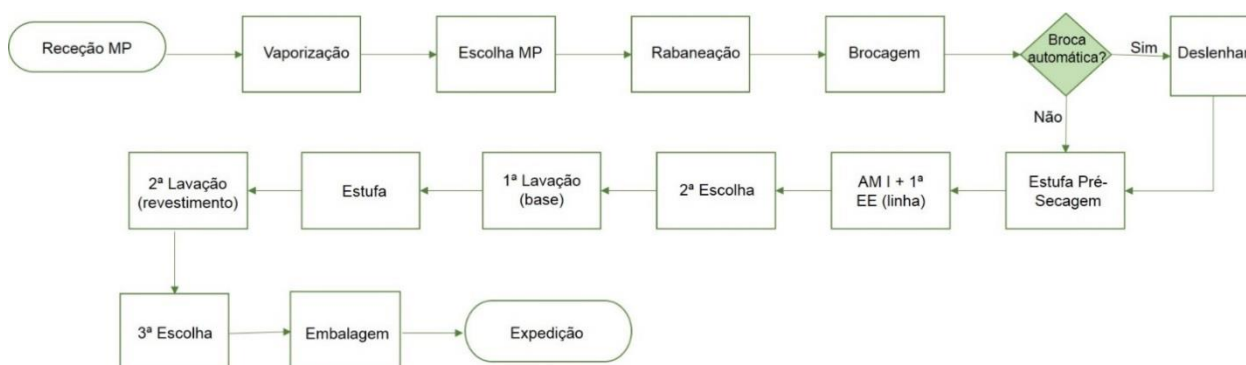


Figura 19- Processo Produtivo da Amorim & Irmãos de Lamas

Receção da matéria-prima & vaporização

A matéria-prima, proveniente, maioritariamente, da Amorim Florestal, chega ao estaleiro em paletes. Posteriormente, estas são validadas, pesadas e analisadas em laboratório. As paletes são, depois, armazenadas consoante o seu calibre (espessura da prancha de cortiça), classe (consoante a qualidade visual da prancha de cortiça), verdura e níveis de TCA (Tricloroanisol – sabor a rolha). Seguidamente, consoante as necessidades das etapas seguintes, as paletes passam por um processo de vaporização que consiste na “*injeção de vapor seco e húmido*,”

alternadamente ou em simultâneo com o objetivo de descontaminar as pranchas de cortiça dos aromas a mofo e dotando-as de um nível de humidade ideal para as próximas etapas”. Este processo demora entre 15 a 30 minutos consoante o nível presente de humidade na cortiça assim como da estação do ano em causa.

Escolha da matéria-prima

Após os processos supracitados estarem concluídos, as paletes são postas em locais ao ar livre para repousarem. Consoante o calibre de cada palete, estas podem ser enviadas diretamente para a etapa da rabaneação ou podem passar, primeiramente, pelo sector de escolha da matéria-prima. Aqui, as pranchas de cortiça são divididas consoante três fatores – classe, defeito e calibre (anexo B).

Rabaneação

As pranchas de cortiça que chegam a este sector, provenientes do estaleiro ou da escolha da matéria-prima, são cortadas em traços através de rabaneadeiras. O objetivo é que o ajuste seja de forma paralela de modo a que o traço tenha largura de 2mm superior ao comprimento da rolha. Podem ser obtidos traços de cortiça com qualidades diferentes o que terá influência no seu destino. Por exemplo, se a cortiça cortada for torta ou verde, esta poderá ser devolvida à Amorim Florestal. Por outro lado, se os traços forem de boa qualidade são direcionados para o sector da brocagem.

Brocagem

Existem quatro tipos de brocas neste sector: brocas semi-automáticas, a pedal, brocas automáticas e brocas inteligentes. A linha de *robots* produz, em média, 150.000 rolhas por turno, ao passo que a linha a pedal produz 15.000 rolhas/turno. Após a conclusão desta fase, os traços cortados, caracterizados como apara, vão ser triturados enquanto as rolhas resultantes deste estádio têm como destino a pré-secagem. Contudo, as rolhas produzidas pelas brocas automatizadas passam, primeiramente, por um processo de seleção (deslenhar) que pretende separar as rolhas de muito má qualidade. Isto não acontece às rolhas oriundas das brocas manuais, uma vez que o operador tem a possibilidade de analisar e ver exatamente onde quer fazer o furo, de forma a valorizar ao máximo a cortiça e evitando os defeitos naturais da mesma.

Acabamentos mecânicos I e 1ª Escolha Eletrónica (em linha)

Como referido anteriormente, as rolhas passam pela máquina Rosa 0 que pretende secar a sua superfície, com um aumento de temperatura, preparando-as para a seção dos acabamentos mecânicos. Aqui, as rolhas são sujeitas a ações como a retificação e o topejamento, que lhes concede a forma e dimensões finais. As ponçadeiras¹ e topejadeiras² encontram-se em linha com

¹ As ponçadeiras são máquinas que retificam o corpo da rolha da forma a evitar ovalizações e ficarem com o diâmetro desejado;

² As topejadeiras são máquinas destinadas ao aprumo do comprimento das rolhas (38, 45, 49 e 54 mm são os comprimentos mais comuns).

as máquinas de escolha elétrica, onde serão divididas as rolhas numa primeira escolha e em classes industriais: AA, A, B, C, repasse e apara.

É efetuado um controlo de qualidade para níveis de humidade, controlo visual e dimensional.

Segunda Escolha Eletrónica e 3D

Consoante a classe industrial a que pertencem, as rolhas podem sofrer diferentes destinos na fábrica. A título de exemplo, as rolhas de qualidade elevada (AA e A) vão diretamente para uma nova escolha eletrónica, onde as classes serão subdivididas em classes comerciais: a classe AA divide-se em Flôr, Extra e Superior.

Neste processo de escolha, as rolhas passam, também, por máquinas SVE com o intuito de averiguar se a rolha veda ou não veda.

Lavação

Existem diferentes tipos de lavação que concedem às rolhas diferentes tonalidades e consistências. Concluída a lavação, é obrigatório que as rolhas sigam para o *Rosa Evolution* que secará as rolhas ao mesmo tempo que é capaz de controlar os níveis de TCA.

As rolhas também podem ser revestidas: revestimento *light*, *nature* ou *clean C*.

3ª Escolha Eletrónica e embalamento

Por fim, a classe final é preparada para o cliente. A triagem das rolhas é feita através de um sistema de leitura ótica que digitaliza as rolhas e analisa-as consoante o programa inserido na máquina com o propósito de separar as rolhas que pertencem a classes abaixo ou acima da pretendida pelo cliente. A classe desejada é, depois, dirigida para uma nova máquina que irá proceder à calibragem das rolhas e à sua contagem. Seguidamente, o lote é armazenado em sacos de rafia e expedido, se as análises de laboratório forem positivas.

3.4. Enquadramento e descrição da situação atual

Como referido anteriormente, este sector funciona com quatro tipos de brocas: a pedal, automáticas, semi-automáticas e inteligentes. No presente caso de estudo, foram analisadas apenas as brocas automáticas.

Existem 4 linhas de produção deste modelo de brocas, que funcionam a três turnos, tendo cada uma delas 4 operadores, 2 afinadores e um encarregado de turno. Em cada linha de produção, existem quatro brocas, cuja alimentação é feita através de dois *robots*.

No início de cada linha de produção, encontra-se uma rabaneadeira, com o respetivo rabaneador, cuja função é alimentar a estação com traços de cortiça (Figura 20).

À medida que as pranchas de cortiça são cortadas, a apara, os bocados de cortiça mais pequenos e as fitas devem cair nos cestos que se encontram por baixo do tapete da rabaneadeira (Figuras 21 e 22).



Figura 20- Rabaneadeira (à esquerda); Stock de cortiça rabaneada (à direita)



Figura 21- Apara (à esquerda); Fitas (à direita)



Figura 22- Bocados de cortiça (à esquerda); Traços conformes (à direita)

Após as pranchas de cortiça serem cortadas em traços, estes seguem por um sistema integrado de tapetes que irá chegar a cada um dos *robots*, que por sua vez irá alimentar as brocas.

Os tapetes a jusante, através de sensores, coordenam os tapetes a montante. A título de exemplo, na Figura 23, o tapete 1 só começa a deixar cair cortiça quando o sensor (representado pela seta branca) verifica que o tapete em “V” não tem cortiça suficiente para alimentar os postos seguintes e dá sinal através de um autómato.



Figura 23- Tapete 1 (à esquerda) e Tapete em “V” (à direita)

Por sua vez, o tapete elevador, representado na Figura 24, só se movimenta, caso o sensor dos tapetes doseadores detetarem que já não existem traços suficientes.



Figura 24- Tapete elevador (à esquerda); Tapete doseador (à direita)

Seguidamente, existe um rolo metálico com o objetivo de separar os traços para cada um dos tapetes que alimentam os *robots* (Figura 25).



Figura 25- Rolo metálico

O tapete da figura 26 comporta um sistema pneumático cilíndrico que atua consoante dois sensores. Quando dois traços passam neste tapete em simultâneo os dois sensores passam esta informação fazendo o cilindro descer e evitando o prosseguimento dos dois traços lado-a-lado. O cilindro que desce (evitando o deslocamento dos dois traços em paralelo) é o do último sensor a atuar.

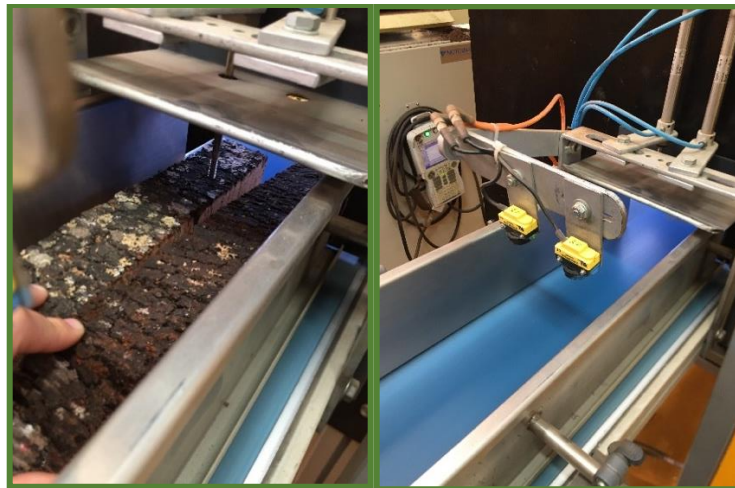


Figura 26- Sistema pneumático e seus sensores

Isto representa uma parte importante do sistema, pois ao passarem dois traços em simultâneo, o sistema de visão que procede este tapete não irá conseguir ler os traços de forma correta, sendo estes rejeitados à frente.

Este sistema de visão é composto por duas câmaras distintas: a primeira, que se encontra dentro da caixa negra, identifica a orientação do traço (Figura 27); a segunda indica as coordenadas da posição do mesmo em relação ao tapete azul (Figura 28).

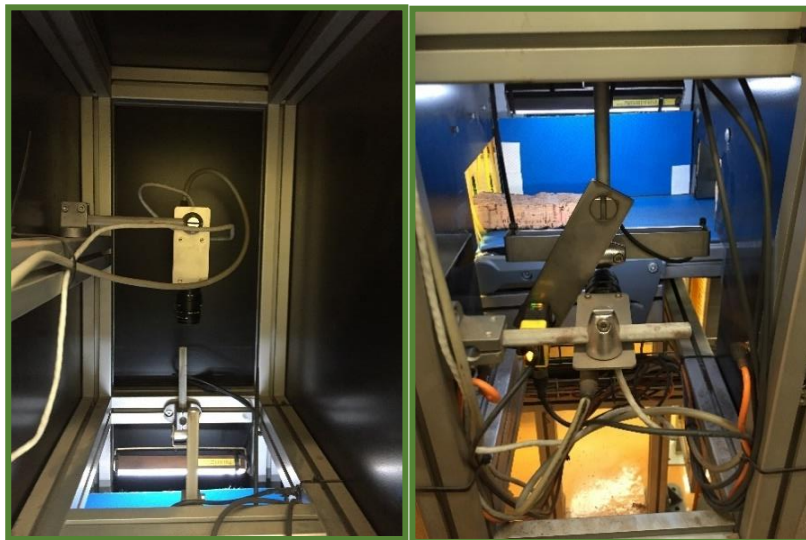


Figura 27- Câmara 1

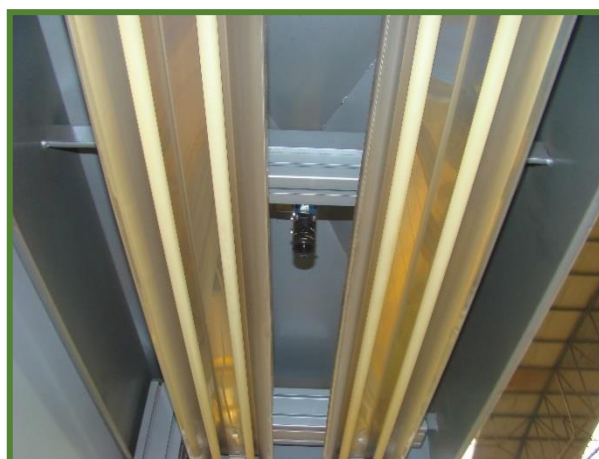


Figura 28- Câmara 2

Além destes fatores, as câmaras devem identificar os bocados pequenos de traços, fitas e bocados e rejeitá-los. Quando tal acontece, o tapete não pára e este material defeituoso é enviado diretamente para um cesto (Figura 29).



Figura 29- Cesto para onde seguem os traços rejeitados

Quando os traços são de qualidade, esta informação é transmitida ao *robot* que calcula a rota necessária para recolher o traço e colocá-lo da forma correta de modo a alimentar a broca.

A orientação do traço é um fator bastante relevante pois a cortiça deve ser colocada com a costa da cortiça orientada para cima, quando posta na broca (Figura 30). Caso contrário, as rolhas resultantes sairão defeituosas e não serão aproveitadas (Figura 31).



Figura 30- Rolhas resultantes de um traço com a costa da cortiça para cima



Figura 31- Rolhas resultantes de um traço orientado com a barriga cortiça para baixo

Novamente, o tapete da broca comanda o *robot* e tudo o que vem anteriormente. Se o sensor (representado pela seta) estiver tapado, dá a informação ao *robot* que o tapete está preenchido e ele, por sua vez, não coloca traços nesse tapete (Figura 32).



Figura 32- Tapete da broca automática

A utilização conjugada de um autômato programável, sistema de motores passo-a-passo e um sistema de variação de velocidade permite garantir elevada produção e elevada qualidade na perfuração. As brocas automáticas têm um sistema de leitura das irregularidades da barriga do traço que é constituído por cinco apalpadores que quando acionados individualmente atuam, também, cinco sensores. Quando os cinco sensores tiverem atuados o traço é perfurado. Na Figura 33 podemos visualizar uma das brocas automáticas do sistema bem como os seus apalpadores.

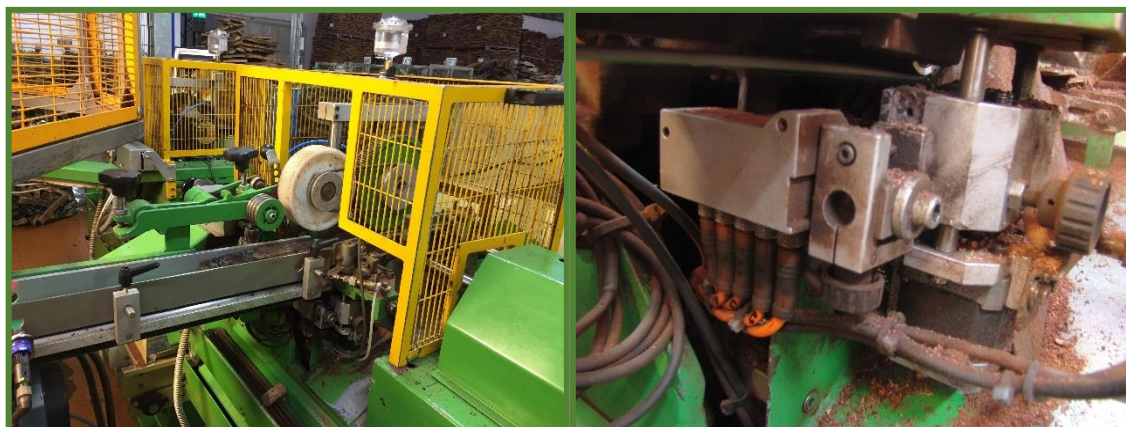


Figura 33- Broca automática (à esquerda); Apalpadores (à direita)

Cada broca tem associado um painel de controlo (Figura 34), que é constituído por 5 elementos: consola de programação, sinalizador, emergência, *start* e *stop*. O sinalizador tricolor indica avaria ou emergência pressionada (vermelho), aguarda matéria-prima ou parametrização (amarelo) ou indica produção (verde).



Figura 34- Painel de controlo das brocas automáticas

As rolhas, após serem extraídas dos traços de cortiça, seguem por outro sistema de tapetes (Figura 35) que irão findar num contentor onde irão passar pelas máquinas de deslenhar (Figura 36). Estas máquinas têm como objetivo separar as rolhas de qualidade da restante aparas e refugo, antes de chegarem à próxima etapa do processo produtivo. Os traços cortados seguem por outro sistema de tapetes, onde serão triturados e irão ser utilizados numa outra fábrica do grupo para o fabrico de rolhas técnicas.



Figura 35- Tapetes com rolhas e traços furados (à esquerda); Contentor de rolhas (à direita)



Figura 36- Máquina de deslenhar

A Figura 37 pretende expor uma visualização completa da linha de produção com todos os equipamentos e passos descritos anteriormente.



Figura 37- Linha de produção de brocas automáticas robotizadas

Toda a linha de fabrico é comandada por um autómato, PLC, que ao receber os sinais dos diversos sensores, permite o funcionamento dos tapetes. Existe um PC que adquire o sinal das câmaras associadas a cada *robot* e faz um processamento das imagens com a devida numeração. Imediatamente a seguir, esta informação é emitida para o autómato que envia a informação relativa à posição e coordenadas do traço ao *robot*.

Numa primeira fase, foi analisada apenas uma linha de produção (Figura 37) através de observação direta. Tornou-se, então, perceptível que o número de encravamentos ocorridos, num turno, era bastante elevado originando excessivas micro-paragens e constantes movimentos do operador. Estes encravamentos impossibilitam o alcance dos objetivos esperados, que se traduz na produção total diária. Esta quebra na produção e falta de cadência dos equipamentos torna imperativo uma monitorização permanente, de modo a reduzir o tempo inativo do equipamento. Atualmente, 12% da produção diária efetiva é feita pelos operadores (que alimentam os tapetes das brocas com traços manualmente) ao invés do suposto, que seria a alimentação total realizada pelo *robot*.

Ao diminuir os encravamentos mecânicos e aumentar a eficácia e eficiência dos equipamentos, será possível ter um operador por cada duas linhas de produção (Tabela 3). A situação atual exige um maior número de tarefas do operador impossibilitando a sua alocação a duas linhas de produção diferentes (Tabela 4).

Tabela 3- Descrição das tarefas do operador – situação ideal

Tarefas do operador sem encravamentos
1. Limpeza do material
2. Colocar óleo na alimentação das brocas
3. Controlo visual das rolhas resultantes do processo
4. Afinação da máquina caso as rolhas estejam a sair arranhadas

Tabela 4- Descrição das tarefas do operador - situação vigente

Tarefas do operador com encravamentos
1. Limpeza do material
2. Colocar óleo na alimentação das brocas
3. Controlo visual das rolhas resultantes do processo
4. Afinação da máquina caso as rolhas estejam a sair arranhadas
5. Resolver os encravamentos ocorridos na linha
6. Alimentar as brocas com cortiça
7. Limpar o lixo proveniente das estações anteriores

É neste sentido que surge o projeto, aqui desenvolvido, que tem como principal objetivo o aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos, resultando numa diminuição da mão-de-obra e libertando o operador para a sua função principal.

Para alcançar os objetivos propostos, a linha de produção foi dividida em subestações com diferentes fatores a serem medidos para, posteriormente, ser feita uma análise do efeito de cada uma na produção total. A definição e respetiva quantificação das causas que afetam a eficiência da linha de produção é o ponto de partida para a estruturação do problema.

Os dados recolhidos em cada estação foram armazenados num ficheiro Excel (anexo D-J), onde foram tratados e serviram de suporte para a identificação de melhorias através da implementação das metodologias adotadas.

3.5. Aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos

Numa primeira etapa, entendeu-se que seria mais simples dividir a linha de produção em subestações e analisar cada uma individualmente, uma vez que todas se influenciam mutuamente quando sofrem uma paragem.

Desta forma, foram estudadas seis diferentes estações: rabaneação, tapete em “V”, rolo metálico, sistema pneumático, *robot* e brocas.

Primeiro, foram identificadas todas as paragens e encravamentos que ocorriam em cada subestação através de um formulário para registos de produções e paragens. Os dados recolhidos foram obtidos durante as semanas 45 e 49 em intervalos de tempo de uma hora e meia, sendo

que o indicador estudado foi a produção efetiva referente a esse período. Foram definidas, ainda, duas condições transversais a todos os pontos de medição:

- a) O operador não pode estar a limpar o lixo à frente na estação (fitas e bocados)
- b) O operador não pode alimentar as brocas manualmente

Estas condições permitem simular o funcionamento da linha de produção sem a influência do operador, de modo a obter os resultados reais da eficiência do equipamento.

3.5.1. Rabaneação

Uma das coisas que se pôde constatar, através da observação direta do funcionamento da linha, foi que durante o corte das pranchas da cortiça (na rabaneação), passavam inúmeros defeitos – fitas, apara e bocados. Assim, nesta etapa, a ideia foi contabilizar o número de fitas e bocados que passavam para as fases seguintes do processo e averiguar se este facto tinha algum impacto na produção final. O gráfico presente na Figura 38 pretende demonstrar a influência dos defeitos na produção final.

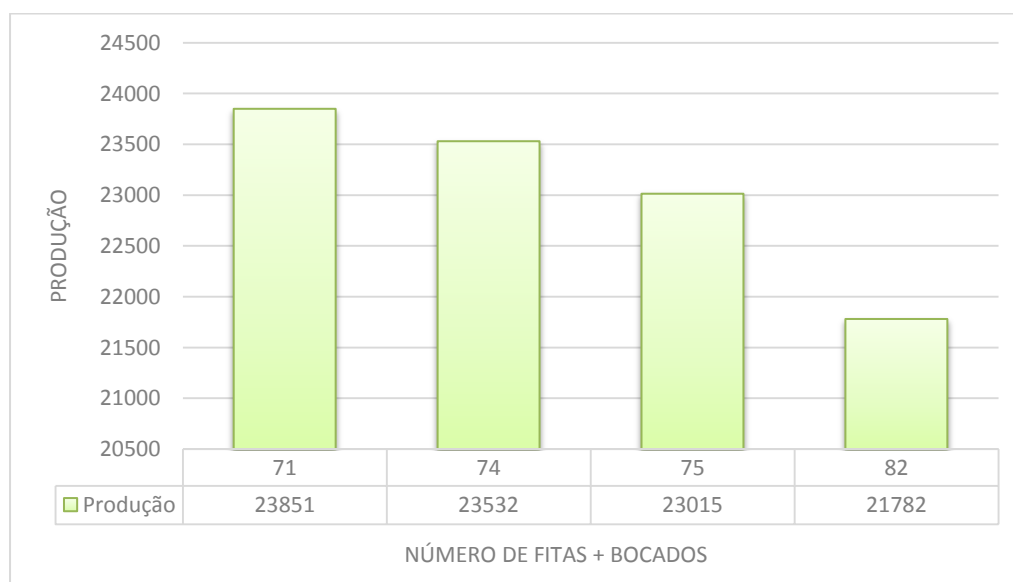


Figura 38- Número de defeitos que prosseguem após a estação da rabaneação

É de fácil visualização que o intervalo de tempo que conteve mais defeitos (82) foi também aquele em que se produziu menos. Por sua vez, quando passaram apenas 71 defeitos produziram-se 23.851 milhões de rolhas.

Após a realização deste estudo considerou-se pertinente simular uma situação ideal: durante uma hora e meia, eliminar todos os defeitos evitando que estes seguissem no sistema (Tabela 5).

Tabela 5- Produção sem eliminação dos defeitos vs. Produção com eliminação dos defeitos

75	82	71	74	0
23.015	21.782	23.851	23.532	26.463

Como se pode verificar, a produção é significativamente maior quando os defeitos produzidos pela rabaneação não seguem na linha de trabalho.

3.5.2. Tapete em “V”

Um dos problemas com maior relevo para os operadores é o encravamento dos tapetes que prosseguem a rabaneação. Devido ao *layout* da célula de produção, o operador tem de se deslocar, constantemente, subindo e descendo escadas, para resolver este tipo de encravamento. A Figura 39 apresenta a deslocação efetuada pelo operador sempre que ocorre um encravamento neste tapete.



Figura 39- Ponto de partida – A; Ponto de encravamento - B

Decidiu-se, portanto, medir o número de encravamentos resultantes no período definido anteriormente, bem como o tempo de resolução dos mesmos e o motivo de cada um. No gráfico seguinte (Figura 40) encontram-se os dados recolhidos nesta estação.

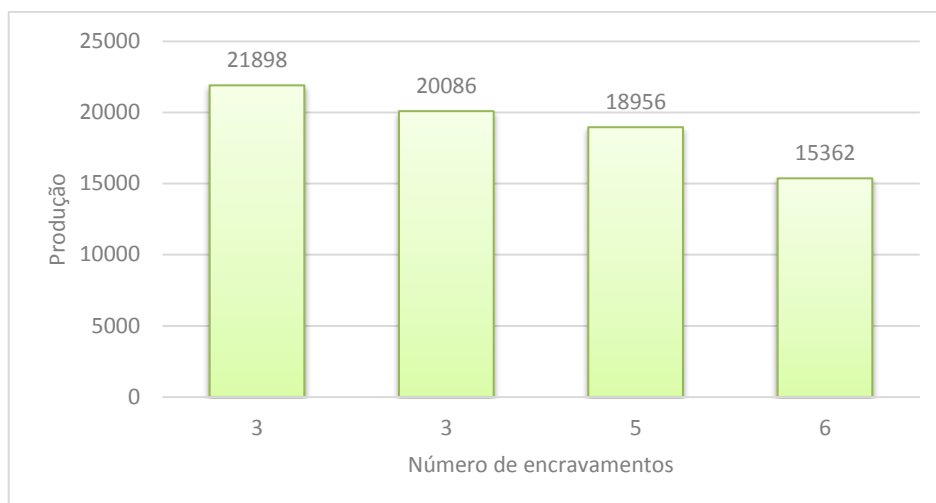


Figura 40- Número de encravamentos no tapete em "V"

Através da leitura do gráfico, concluiu-se que quanto mais frequente forem os encravamentos, menor será a produção. De notar que ao encravar este tapete, os *robots* carecem de cortiça para alimentar as brocas. Quanto maior for o tempo resultante destes encravamentos, maior será o tempo de espera das brocas e, consequentemente, menor será a produção (Tabela 6). O tempo de desencravamento inclui o tempo de deslocamento do operador até ao tapete.

Tabela 6- Descrição dos encravamentos no tapete em "V"

Tipo de encravamento			Total	Tempo de desencravamento	Indicador de produção
<u>Apara</u>	<u>Sensor</u>	<u>Fitas</u>			
5	1	0	6	02:48,4	15.362
3	0	0	3	01:08,3	21.898
4	1	0	5	01:33,2	18.956
3	0	0	3	01:34,9	20.086

Maioritariamente, estes encravamentos devem-se ao número de apara que advém da rabaneação. O formato do tapete instalado contém uma folga que permite que a apara fique presa – ver seta branca desenhada na Figura 41. Contudo, em situações que os traços de cortiça se mantenham na vertical e sejam suficientemente longos, estes, também tapam o sensor do tapete impedindo a alimentação de traços nos postos posteriores (Figura 41 – à direita).



Figura 41- Encravamento devido à apara presa na folga do tapete (à esquerda); Encravamento devido ao sensor tapado (à direita)

3.5.3. Rolo metálico

O rolo metálico tem como função distribuir os traços de cortiça por cada um dos tapetes, correspondentes ao *robot A* e *robot B*, respetivamente. Para esta análise, foram medidas quatro variáveis distintas que se crêem que tenham influência direta na produção:

- A. Número de vezes que o rolo transporta apenas fitas
- B. Número de vezes que o rolo dá uma volta sem traços
- C. Número de vezes que um traço empanca o rolo (Figura 42)
- D. Número de vezes que transporta apenas bocados



Figura 42 – Encravamento do tipo C

Obteve-se a informação disposta na Tabela 7:

Tabela 7- Contabilização das não-conformidades do rolo metálico e respetivo indicador de produção

A	B	C	D	Produção
7	49	1	22	21.997
23	48	5	25	23.100
14	50	7	16	20.420
16	76	5	20	23.955

Não foi possível chegar a nenhuma correlação entre o número de incidências com a produção no período de tempo de estudo, tendo-se concluído que o funcionamento do rolo metálico não tem nenhuma influência direta na produção. É importante realçar o elevado número de fitas e bocados que chegam ao tapete do *robot* (variáveis A e D).

3.5.4. Sistema pneumático

Seguidamente, foi estudado o sistema pneumático cilíndrico e o tapete que lhe antecede. Este sistema, como esclarecido previamente, pretende impedir que dois traços passem em simultâneo uma vez que se tal acontecer, o sistema de visão não conseguirá fazer a identificação própria, rejeitando os traços independentemente de estes serem de qualidade ou não. Existem dois sistemas pneumáticos – A e B – numa linha de produção (correspondentes a cada um dos *robots*) sendo que cada um deles contém dois sensores responsáveis pela leitura dos traços.

Posto isto, foram identificadas e quantificadas três anomalias típicas:

- Número de traços sobrepostos/simultâneos (Figura 43)
- Número de encravamentos por causa de traços (Figura 44)
- Número de encravamentos por apara (Figura 45)

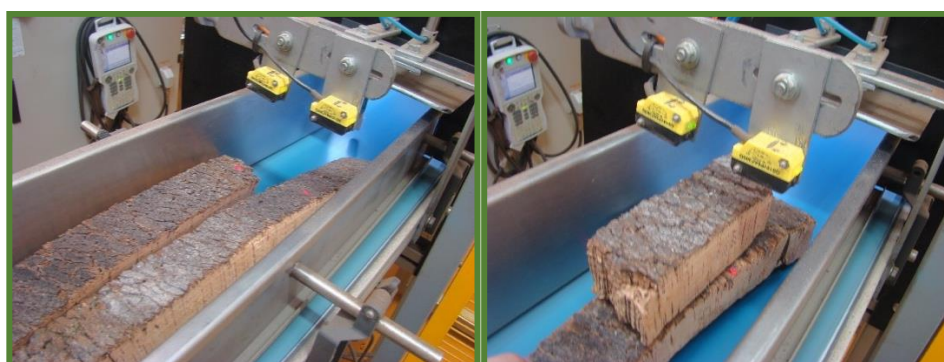


Figura 43- Traços em simultâneo e sobrepostos



Figura 44- Encravamento do tipo B



Figura 45- Encravamento do tipo C

A Tabela 8 contém os dados recolhidos:

Tabela 8- Encravamentos do sistema pneumático

A	B	C	Tempo de encravamento	Produção
10	5	2	01:39,1	24.308
8	2	3	02:20,0	23.792
5	6	1	02:52,5	25.295
9	4	1	00:56,6	21.279

Novamente, não foi possível chegar a uma conclusão de interdependência entre o número de encravamentos e a produção. Sendo assim, considerou-se oportuno avaliar a eficácia do equipamento (Tabelas 9 a 12).

Tabela 9- Teste número 1 da eficácia do sistema pneumático

Primeira avaliação	A	B
Atou	7	7
Não atou	5	5

Segunda avaliação	A	B
Atou	3	9
Não atou	9	3

Tabela 10- Teste número 2 da eficácia do sistema pneumático

Segunda avaliação	A	B
Atou	4	11
Não atou	8	1

Tabela 11- Teste número 3 da eficácia do sistema pneumático

Tabela 12- Resultados obtidos dos testes efetuados

Resultados	Eficácia			Média
A	58%	25%	33%	33%
B	58%	75%	92%	75%

Nota-se uma elevada discrepância entre a eficácia de um equipamento para o outro (75% > 33%), tal ocorrência pode dever-se a uma falta de afinação dos sensores ou dos cilindros.

3.5.5. Robot

Cada linha de produção é composta por dois *robots* que, por sua vez, são responsáveis pela alimentação de quatro brocas. Nesta fase de trabalho, foi estudado o funcionamento dos *robots*, sendo que em duas vezes foi medido o *robot* A e as restantes, o *robot* B. Uma vez que o sistema de visão influencia o correto funcionamento do *robot*, tornou-se imperativo analisar as câmaras instaladas e proceder à sua avaliação. Não se considerou pertinente fazer a distinção entre fitas e bocados, uma vez que a sua rejeição é uma rejeição correta.

Desta forma, temos:

Variáveis associadas ao *robot*:

- Número de vezes que o *robot* bate
- Número de vezes que entrega cortiça ao contrário (Figura 46)
- Número de vezes que deixa cair cortiça
- Número de vezes que não entrega o traço corretamente (Figura 47)

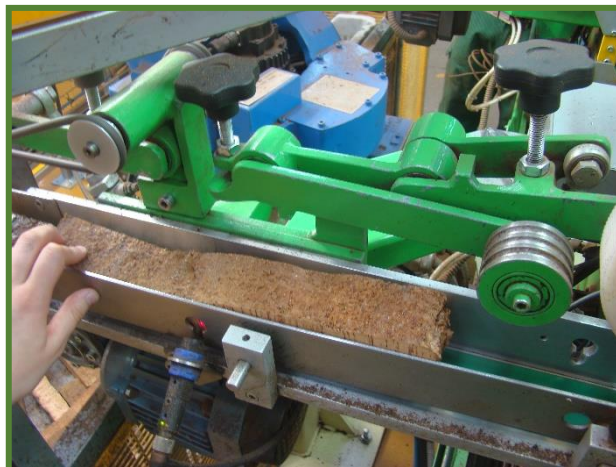


Figura 46- Anomalia do tipo B



Figura 47- Anomalia do tipo D

Variáveis associadas ao sistema de visão:

- E. Número de vezes que os traços seguem diretamente para o cesto de rejeição – Quando os traços são rejeitados pelo sistema, o tapete que os transporta continua em movimento até eles caírem no cesto representado na Figura 48.



Figura 48- Cesto de rejeição após leitura das câmaras

Dessas situações:

- E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados
- E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos
- E3. Má rejeição – traços de qualidade

Quando existe uma má rejeição é devido a:

- E3a. Câmara caixa negra (que dá a orientação do traço)
- E3b. Câmara de fora (que dá as coordenadas da posição do traço)

Tabela 13- Medição das não conformidades associadas ao Robot e ao Sistema de Visão

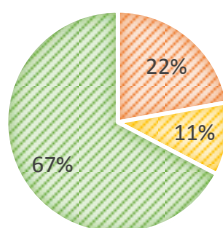
Medição	A	B	C	D	E	E1	E2	E3	E3a	E3b	Produção
Robot A	9	3	8	7	175	54	27	94	57	37	22.353
	6	2	21	1	160	43	32	85	75	10	24.012
Robot B	9	2	18	16	104	23	11	70	59	11	24.723
	11	1	10	3	100	34	20	46	31	15	24.938

- O elevado número de ocorrências em que o *robot* embate nos tapetes terá influência na eficiência de todo o sistema. Quando o *robot* choca contra um dos tapetes, este pára até voltar à sua posição inicial. Isto resultará em tempo de espera das brocas, uma vez que quando o *robot* está parado, não as alimenta. No entanto, não tem uma influência direta na produção;
- Apesar do pequeno número de vezes em que o *robot* é ineficaz e entrega a cortiça na posição errada (costa da cortiça para baixo), as brocas produzem rolhas na mesma. Tal só terá impacto na qualidade do sistema, pois as rolhas resultantes deste processo não são aproveitadas (Figura 31);

- O número de vezes que o *robot* deixa cair a cortiça ou que não consegue entregar o traço corretamente também não têm influência direta na produção efetuada. Normalmente, quando o traço é entregue de forma incorreta, estes caem no cesto ou originam outro tipo de encravamento (ver Figura 47);
- Em conclusão, os erros oriundos do *robot* não influenciam a produção, mas sim a eficiência de toda a linha de produção;
- Por outro lado, o mau funcionamento, isto é, a má rejeição das câmaras, afetam a produção. Através da leitura da tabela acima, é possível verificar que quanto maior as anomalias, menor a produção nesse intervalo de tempo (E3 elevado). O sistema, ao rejeitar traços de qualidade, está a impedir a produção de um elevado número de rolhas. A título de exemplo, se assumirmos que os 94 traços rejeitados pelo sistema de visão do *Robot A*, tiverem um tamanho médio de 30 cm (tamanho considerado normal) dando origem a 10 rolhas cada, havia um aumento de 940 rolhas na produção.

% REJEIÇÃO

■ Fitas + Bocados ■ Simultâneo ■ Bons



ERRO DAS CÂMARAS

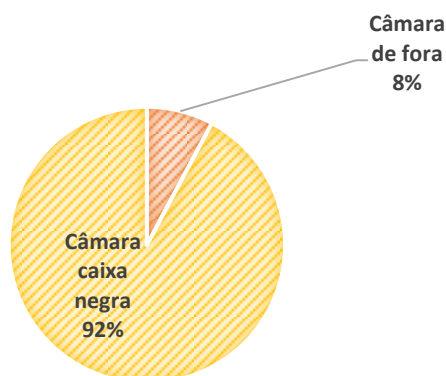


Figura 49 - Percentagem de rejeição do Sistema de Visão (em cima); Percentagem de erro das câmaras (em baixo)

Tomando como exemplo uma das situações medidas, o primeiro gráfico circular demonstra que dos 104 traços rejeitados, 67% correspondem a traços de boa qualidade, ou seja,

foi feita uma má rejeição. Com a elaboração do segundo gráfico, concluímos que 92% desses traços foram rejeitados por erro da câmara da caixa negra (que dá a orientação dos traços).

3.5.6. Brocas

Para completar a primeira fase do projeto, procedeu-se à análise e estudo das paragens das brocas.

O tempo total improdutivo relacionado com cada paragem está dependente de dois fatores: tempo de espera da máquina e o tempo de resolução da paragem.

Deste modo, duas medições foram realizadas tendo em consideração as condições previamente definidas, em que o operador apenas podia realizar tarefas de desencravamento sendo que nas outras duas, o operador podia alimentar as brocas manualmente. Esta diferenciação fez-se com a noção de que estando o operador “ocupado”, este levaria mais tempo a aperceber-se do encravamento e consequentemente a resolver o problema.

Assumiu-se que as duas brocas do lado A, trabalham de igual forma às brocas do lado B.

Alguns dos motivos de encravamento estão exemplificados nas figuras 50 a 52.



Figura 50- Encravamento devido a cunha da cortiça (à esquerda); Cortiça baixa comparada com cortiça regular (à direita)



Figura 51- Cortiça irregular e curva



Figura 52- Cunha

A Tabela 14 contém um sumário dos dados recolhidos referentes às duas brocas do *robot* A. Os tempos de cada uma das paragens e o seu motivo podem ser consultados no anexo I.

Tabela 14- Encravamentos das brocas automáticas

Paragens	Tempo associado à paragem	Produção	Condições
20	09:06,1	22.571	Sem influência do operador
12	03:25,2	23.048	
13	04:27,2	25.082	Com influência do operador
16	04:38,2	25.109	

- É possível afirmar, com base nestes dados, que quanto maior o número de paragens, maior o tempo de paragem associado e, por conseguinte, menor a produção;
- É necessário realçar a diferença de produção com e sem influência do operador. Com a diferença de apenas uma paragem (12 paragens para 13), a produção aumentou mais 2.034 rolhas com o operador a alimentar as brocas. Verificou-se, também, que o pressuposto assumido anteriormente era verdade. O tempo associado às paragens quando o operador podia efetuar a alimentação manualmente aumentou 1 minuto com a diferença de apenas uma paragem.

3.5.7. Máquinas de deslenhar

Como explicado anteriormente, as rolhas resultantes do processo são submetidas a um processo de escolha efetuado pelas máquinas de deslenhar, cujo funcionamento tem por base a visão artificial.

A cada linha de produção corresponde uma máquina de deslenhar onde são escolhidas três classes distintas de rolhas: raça, apara e repasse. A raça corresponde às rolhas que seguem para as etapas seguintes do processo produtivo; O repasse (Figura 53 à direita) são rolhas que, apesar de conterem defeitos, ainda podem ser aproveitadas para o fabrico de rolhas

especializadas sendo, portanto, vendidas; A apara (Figura 53 – à esquerda), por outro lado, corresponde a rolhas que não são passíveis de aproveitamento e, então, serão trituradas.



Figura 53- Apara (à esquerda); Repasse (à direita)

O equipamento de deslenhar é composto por seis câmaras monocromáticas que possuem uma combinação de tecnologia 3D e 2D. Quatro destas câmaras identificam defeitos de corpo e, as outras duas, defeitos de topo. Na Figura 54 podemos visualizar cada um destes defeitos.



Figura 54- Defeito de corpo/topo e rolha conforme

As não conformidades são identificadas através dos diferentes contrastes e escalas de cinzentos que permitem definir a profundidade dos defeitos. Quanto mais escura for a mancha correspondente ao defeito da rolha, maior o gradiente e consequente profundidade. Cada máquina tem um determinado programa onde estão estabelecidos os limites de cada classe de rolha, de forma a ser seleccionada a saída correta (apara, repasse ou raça).

Contudo, a seleção de saída para cada rolha pode ser mal feita. Por exemplo, rolhas pertencentes à classe raça podem ser escolhidas para sair no destino da apara ou repasse.

Uma vez que a qualidade do processo é calculada através dos dados disponibilizados pelas máquinas, considerou-se fulcral estimar a fiabilidade do equipamento.

Durante a semana 50, realizou-se uma análise de controlo visual que consistiu em dividir as classes separadas por uma das máquinas e averiguar qual o valor efetivo dessa classe. Foram realizados 15 testes (5 de apara, 5 de raça e 5 de repasse) e retiradas 100 rolhas de cada classe. O registo deste estudo pode ser consultado no anexo J.

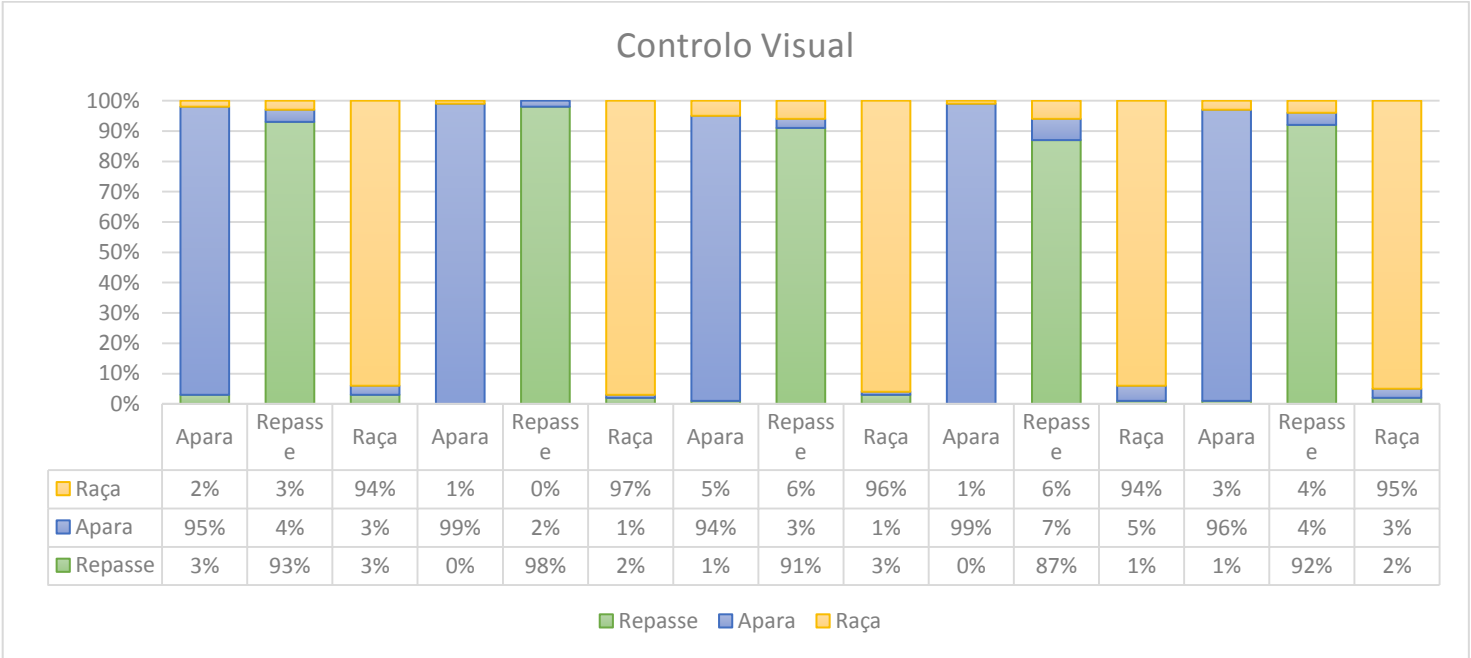


Figura 55 - Teste de Controlo Visual das rolhas escolhidas pela máquina de deslenhar

- Nos cinco testes efetuados à classe apara temos uma média de 97% que corresponde às rolhas que são efetivamente apara;
- Relativamente à classe repasse, foi obtida uma média de 92% sendo que os 8% restantes correspondem a 4% de apara e 4% de raça. Isto significa que nos testes elaborados, 4% de rolhas conformes deviam ter sido classificadas como raça e os restantes 4% indicam que havia existência de rolhas com defeitos críticos que deviam ter sido consideradas como apara;
- Por fim, na classe raça, 95% das rolhas escolhidas correspondem efetivamente a essa classe. Sendo que 3% correspondem a rolhas que deviam ter sido consideradas apara e os restantes 2% em repasse;

- Estas não-conformidades podem ser resultado de uma má seleção da máquina se o programa pré-definido não estiver correto em relação aos limites de especificação ou, simplesmente, da capacidade de análise das câmaras instaladas;
- Contudo, outro motivo que pode estar na origem deste problema é na ocorrência de situações aleatórias de rolhas saltarem para outras saídas. Isto é, as rolhas ao serem processadas passam por um tapete que, através de sopro, expele as rolhas para a saída correta (Figura 56). No entanto, pode haver uma anormalidade do sistema e as rolhas caírem na saída indevida apesar da correta seleção da máquina.

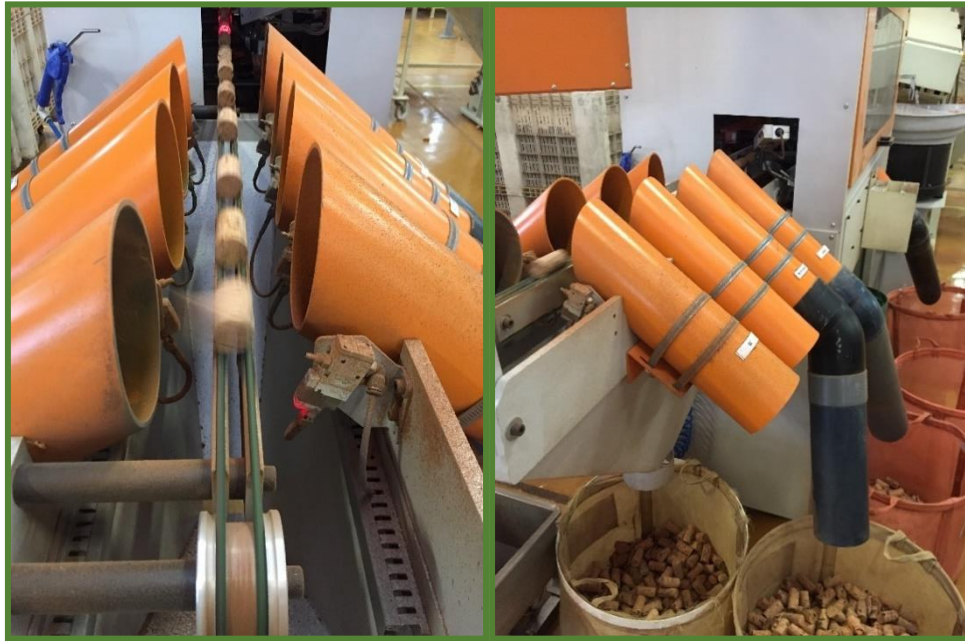


Figura 56 – Saídas das máquinas de deslenhar

3.6. Medição do Indicador OEE: Situação Inicial

Tendo em conta o enquadramento teórico realizado, considerou-se interessante explicitar a relação entre as Seis Grandes Perdas inerentes à linha de produção e os fatores do OEE.

Na Tabela 15 podemos encontrar os problemas relacionados com os equipamentos que provocam perdas de produção.

Tabela 15- Seis grandes perdas e a sua relação com os fatores do OEE

Fator	Perdas associadas	Ocorrências
Disponibilidade	Avarias	Avaria dos apalpadores das brocas
		Avaria do tapete da máquina de deslenhar
	Falhas	Falha do sistema de visão
		Falha do sistema pneumático
		Falha do <i>robot</i>
	Setups	Setup: Troca de OF
Eficiência	Micro-paragens	Encravamento no tapete em "V"
		Encravamento no rolo metálico
		Encravamento no tapete do sistema pneumático
		Encravamento nas brocas automáticas
		Sistema reinicia
		Encravamento no tapete de alimentação das brocas
		Anomalia do tubo metálico
Qualidade	Defeitos	Número de rolhas mal selecionadas no deslenhar

O tempo referente a um *setup* não foi contabilizado uma vez que isto só acontece quando há uma alteração da OF. As OF (ordens de fabrico) são definidas consoante a cortiça que chega da rabaneação. Uma vez que os tempos recolhidos são todos referentes à mesma ordem de fabrico, não se considerou pertinente a contagem desta perda.

Outro aspeto a realçar prende-se com as manutenções planeadas. Podemos distinguir a manutenção de primeiro nível, realizada por cada operador, que inclui a limpeza e a lubrificação das máquinas com óleo alimentar. Para estas tarefas, não é necessário a paragem das máquinas. E, por outro lado, a manutenção preventiva, efetuada pelos afinadores de cada turno, que são responsáveis pela colocação de massa nos tubos metálicos, mudança dos tubos em caso de não conformidade e outros equipamentos. Da manutenção preventiva realça-se, também, o ajuste das câmaras de cada linha de produção que é efetuada por uma equipa de manutenção específica. O indicador OEE, contudo, não engloba estas manutenções planeadas.

Após a recolha de dados referentes a cada estação individual da linha de trabalho, a identificação de todos os problemas relacionados com os equipamentos e considerando que o recurso gargalo do sistema são as brocas, foi necessário descobrir a cadência teórica de cada broca automática. Uma vez que os catálogos disponíveis eram de versões anteriores dos equipamentos e não identificavam um valor teórico, mas sim uma gama de valores, mediu-se em condições ideais (alimentação sem paragem) a sua cadência teórica.

Assim, temos:

Cadência teórica (uma broca) = 5.970 rolhas/hora

Cadência teórica (quatro brocas) = 23.880 rolhas/hora

Produção teórica (8 horas) = 191.040 rolhas/turno

Com base nas fórmulas presentes no enquadramento teórico do capítulo 2 (subsecção 2.2.4) para o cálculo dos fatores do OEE, realizou-se uma adaptação das formas explícitas nesse capítulo ao problema em estudo.

A disponibilidade da linha neste caso de estudo será calculada da seguinte forma (Equação 7):

$$\text{Disponibilidade da linha} = \text{Disponibilidade da broca automática} = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Tempo planeado para a produção}} \quad (7)$$

O fator da eficiência será calculado com base no tempo de ciclo teórico calculado (Equação 8):

$$\text{Eficiência da linha} = \text{Eficiência da broca automática} = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{output}}{\text{Tempo de produção}} \quad (8)$$

O tempo de ciclo corresponde ao número de rolhas produzidos durante um minuto (Equação 9):

$$\text{Tempo de ciclo da broca automática} = \frac{1 \text{ minuto}}{398 \text{ rolhas}} \quad (9)$$

O fator qualidade da linha é avaliado através de uma máquina de escolha, denominada desenhar, como supracitado no capítulo anterior. Assim, o cálculo da qualidade de um lote de rolhas é efetuado da seguinte maneira (Equação 10):

$$\text{Qualidade da linha} = \text{Qualidade da broca automática} = \frac{\text{Produção total de rolhas conforme}}{\text{Produção total de rolhas}} \quad (10)$$

Onde, os dados são recolhidos das máquinas associadas a cada linha.

Assim, obtemos a equação do cálculo do OEE (Equação 11):

$$\text{Overall Equipmanet Effectiveness} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade} \quad (11)$$

Para finalizar a análise da situação inicial e calcular o OEE da linha de produção, foi elaborado um estudo que integrasse todas as subestações de modo a avaliar a interdependência entre elas e o seu efeito na produção final. Estes dados, recolhidos durante a semana 4, podem ser visualizados no anexo K. O gráfico da Figura 57 ilustra os resultados obtidos.

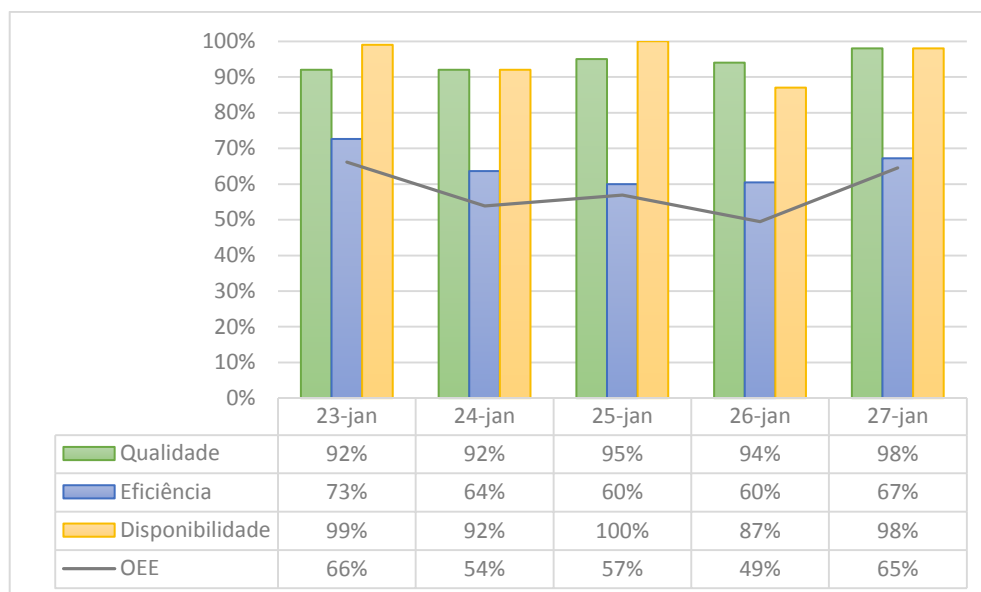


Figura 57- Valores do OEE recolhidos na semana 4

Para analisar o valor do OEE é importante averiguar os valores individuais de cada fator pois, deste modo, podemos saber imediatamente o fator que mais influencia negativamente o indicador.

É importante realçar que os tempos inoperacionais devido a manutenção preventiva não foram contabilizados visto que estes não são parte integrante das seis grandes perdas sugeridas por Nakajima (1988). Desta manutenção planeada temos a manutenção preventiva e autónoma, referidas anteriormente.

Como esperado, o resultado médio do fator da eficiência é bastante inferior aos valores sugeridos pelo autor Nakajima (1988). Este fator encontra-se diretamente relacionado com as micro-paragens existentes na linha de produção. Apesar do tempo de paragem de cada encravamento não ser muito elevado, a soma de todos estes tempos e constantes interrupções, representam, ao final de um turno de oito horas, impactos bastante significativos na produtividade.

Após esta conclusão, no próximo capítulo deste projeto, foram desenvolvidas e implementadas algumas sugestões de melhoria com vista à melhoria deste fator e consequente melhoria do OEE.

O fator qualidade também se encontra abaixo da referência de Nakajima (94% - 99%) mas como a diferença dos valores padrão não é elevada, os esforços de melhoria não foram concentrados nesta variável. Contudo, atualmente, a direção industrial tem-se focado no desenvolvimento de um plano de aquisição de novas máquinas que agregam câmaras que possuem uma capacidade de leitura melhorada.

O único aspeto que se encontra acima da média é alusivo à disponibilidade. Isto sugere que o tempo de inoperacionalidade causado por falhas, avarias e/ou *setups* não é significativo. O tempo de disponibilidade aqui apresentado é apenas referente às avarias registadas aquando a medição do indicador, não sendo contabilizados os tempos das micro-paragens. Como durante a

observação do funcionamento das linhas de produção, apenas ocorreram duas avarias (ver anexo K) que provocaram a paragem de todo o sistema de produção, este valor não é de todo descabido.

Também não existem tempos de mudança de calibre e consequente tempo de *setup*, pois tal só acontece quando a OF difere no calibre da cortiça. Uma vez que o planeamento de cada linha de produção é feito com base nesses calibres, esta troca não é feita com muita frequência. Na Tabela 16 fez-se uma comparação entre os valores obtidos da linha de fabrico com os valores estipulados por Nakajima.

Tabela 16- Comparação dos valores do OEE estipulados por Nakajima (1988) com os resultados da situação em estudo

	Qualidade	Eficiência	Disponibilidade	OEE
Linha de Produção	94%	65%	95%	58%
Nakajima (1988)	99%	95%	90%	85 %

Este indicador foi acompanhado ao longo do projeto enquanto foram desenvolvidas algumas sugestões de melhorias.

Seguidamente, julgou-se adequado elaborar um diagrama de Pareto com vista a entender quais as estações de trabalho responsáveis pela maior porção de tempo improdutivo associado às micro-paragens (Figura 58). Como os dados não foram retirados durante o tempo total de um turno, foi realizada a análise ABC (ou de Pareto) para cada dia de dados retirados sendo, posteriormente, calculada uma média geral. Os dados utilizados podem ser consultados no anexo L.

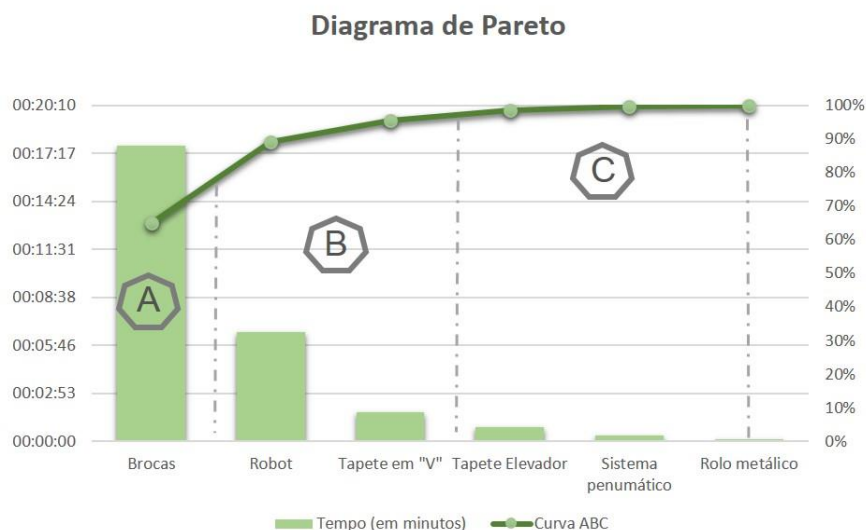


Figura 58 – Análise de Pareto do caso de estudo

Analisando a figura, concluiu-se que cerca de 80% do tempo improdutivo deve-se a 17% das causas principais – Brocas automáticas. O *robot* e o tapete em “V” são responsáveis por 15% do tempo improdutivo que resulta em 33% das causas seleccionadas. Por último, o tapete

elevador, sistema pneumático e rolo metálico apenas consomem 5% do tempo improdutivo associado às micro-paragens.

Se reduzirmos a quantidade de encravamentos atuais vai ser possível diminuir a ocorrência de micro-paragens e focar o operador para outras tarefas, acabando por melhorar a qualidade do sector bem como atingir o objetivo proposto no início do desenvolvimento do projeto. Pelo diagrama de Pareto, os esforços de melhoria serão direcionados para as estações da broca, *robot* e tapete em “V”.

Com isto em vista, na Figura 59 encontra-se esboçado um diagrama de causa-efeito que foi desenvolvido para chegar à raiz das causas que provocam estes encravamentos.

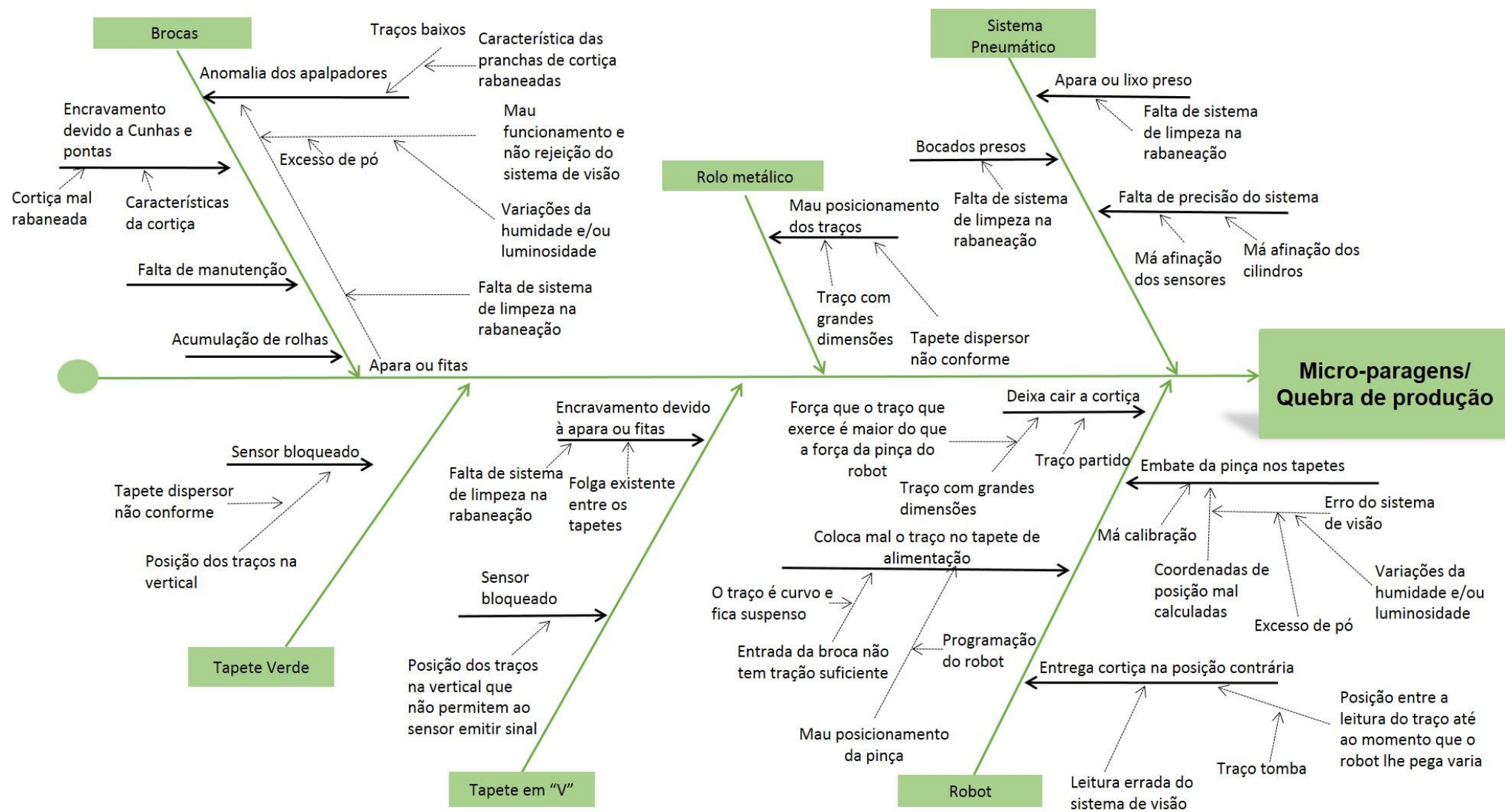


Figura 59 - Diagrama de causa-e-efeito associado ao caso de estudo

4. Implementação das ações de melhoria e Resultados

Finalizado o estudo percebe-se facilmente que a eficiência das linhas de produção de brocas automáticas é influenciada pela ocorrência de sucessivos encravamentos que originam micro-paragens. Assim, é necessário intervir e definir melhorias de forma a diminuir a ocorrência das causas destas paragens e o tempo improdutivo associado a cada uma.

De acordo com o estudo efetuado existem seis equipamentos principais que afetam o funcionamento eficiente da linha de produção. Através do diagrama de *Ishikawa*, observamos que os encravamentos associados a esses equipamentos advêm de causas secundárias. As melhorias desenvolvidas neste projeto têm como intuito diminuir a ocorrência dessas causas aumentando a eficiência e qualidade do setor.

4.1. Micro-Melhorias associadas ao tempo improdutivo do sistema

Tapete em “V”

O primeiro equipamento a ser alvo de atenção foi o tapete em “V”, uma vez que a resolução dos encravamentos ocorridos obrigava o operador a ter de se deslocar do seu posto de trabalho, subindo e descendo escadas constantemente. A má postura e as lesões provocadas por esforços repetitivos, ao longo do tempo, causam problemas que prejudicam a saúde dos trabalhadores, impossibilitando-os de executarem a sua função corretamente. Assim, resolvendo os encravamentos ocorridos nesta etapa, solucionam-se dois problemas.

Existem dois tipos de anomalia que acontecem por dois motivos distintos: a apara e/ou fitas provenientes da rabaneação ficam presas na folga entre os tapetes ou os traços de cortiça de grande dimensão ficam posicionados verticalmente, não permitindo que o sensor transmita sinal (Figura 41).

Para o primeiro problema ficar solucionado, substituiu-se o tapete atual por um novo eliminando a folga entre a parte superior e inferior do tapete – Figura 60. A alteração foi efetuada em todas as linhas de produção no mês de Novembro. Para monitorizar e avaliar o impacto da alteração, foram registados o número de encravamentos ocorridos durante o mesmo intervalo de tempo definido anteriormente. Estes dados podem ser consultados em anexo.



Figura 60 - Tapete antigo versus Tapete novo

Apesar da frequência dos encravamentos devido à posição dos traços e a posição do sensor não ser muito elevada, foi, também, implementada uma melhoria. Esta consistiu na aplicação de um sensor novo (Figura 61).

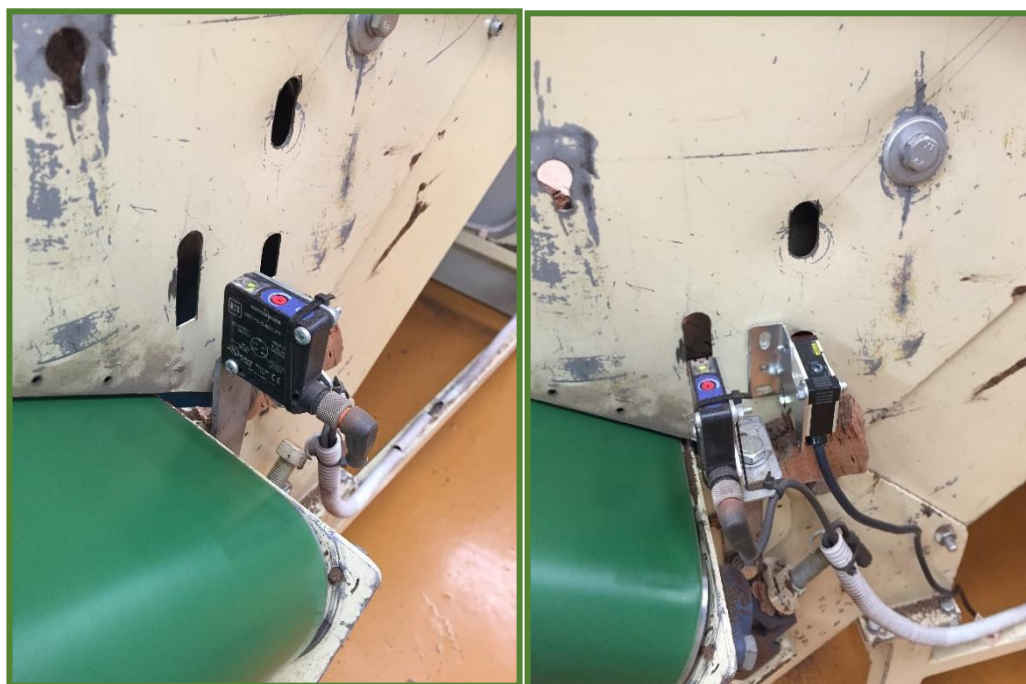


Figura 61 - Sistema com apenas um sensor (situação anterior - à esquerda); Sistema com novo sensor instalado (à direita)

Quando os sensores do tapete doseador (Figura 62) verificam que não têm traços para alimentar o sistema à frente e o sensor do tapete em “V” se encontra laranja (ou seja, não

permite que o tapete anterior deposite traços porque ainda está preenchido) estamos perante um encravamento deste tipo. A instalação de um novo sensor permite que, na ocorrência destas situações, o tapete doseador se movimente.



Figura 62 - Sensores do tapete doseador

Após a conclusão da implementação destas duas ações de melhoria e da recolha de dados referente ao número de encravamentos ocorridos, é possível concluir que ambas as alterações tiveram sucesso e permitiram reduzir o número de encravamentos para zero.

Tendo em vista a filosofia do TPM, alcançámos um dos seus objetivos: zero paragens e/ou avarias de equipamentos deste equipamento.

Rolo Metálico e Tapete Doseador

Duas das causas principais que provocam micro-paragens encontram-se relacionadas com a mesma origem secundária assinalada no diagrama de causa-efeito: Tapete elevador não conforme. Este tapete tem como função transportar os traços de cortiça na posição horizontal de forma a não originar encravamentos nas secções posteriores. Em situações que os traços não se encontrem nesta posição podem originar micro paragens no tapete doseador (tapete que se encontra imediatamente a seguir ao tapete elevador) ao taparem o sinal dos sensores instalados (Figura 63).

Outro efeito que advém da posição dos traços do tapete elevador foi já referido anteriormente na Figura 42.



Figura 63 - Tapete doseador em situação de encravamento devido à posição do traço

Uma vez que as linhas de produção trabalham 24h/dia é natural que ao longo do tempo o material sofra desgaste devido à sua utilização, impossibilitando o devido funcionamento do mesmo.

Para o efeito, a solução mais prática para resolver os problemas associados ao mau posicionamento dos traços, devido ao desgaste do tapete, é substituí-lo por um novo – Figura 64.



Figura 64 - Tapete antigo versus Tapete novo

Além da instalação do tapete, o rolo metálico, que se pode observar na figura anterior, deve estar afinado pois, caso contrário, existe uma altura significativa entre o tapete e o rolo que permite que passem vários traços simultaneamente e na vertical.

De notar que outra das causas secundárias que provoca encravamento no rolo metálico é a dimensão dos traços (Figuras 65 e 66). No entanto, quanto a isto, não é possível implementar uma alteração pois é um fator dependente do tamanho das pranchas de cortiça que são rabaneadas.



Figura 65 - Traços com 50 cm



Figura 66 - Traços com 30 cm

Robot

Através da leitura do diagrama causa-efeito verificamos que um problema associado às micro-paragens do *robot* tem que ver com o embate da pinça nos tapetes. O tapete de alimentação das brocas contém um sensor que transmite informação ao *robot* sobre a falta de alimentação das brocas, ou seja, se o sensor se encontrar tapado significa que existe pelo menos um traço no tapete. Se tal se verificar, o *robot* não alimenta o tapete dessa broca até o sensor voltar a dar sinal.

Na Figura 67, identificado a branco, está o sensor atual do sistema.

Contudo, num dos casos em que o *robot* não entregue corretamente o traço (anomalia D – Figura 47) este sensor passa a informação que o tapete não se encontra preenchido e o *robot* continuará a transportar cortiça para esse equipamento.



Figura 67 - Sensor do tapete de alimentação da broca

Eventualmente isto provoca o embate da pinça do *robot* nos tapetes ou, até mesmo, nos próprios traços. Para prevenir estas situações e não ocorrem paragens devido ao embate do *robot*, foi instalado um outro sensor que não permite a colocação de mais traços caso um se encontre preso na entrada da broca (Figura 68).

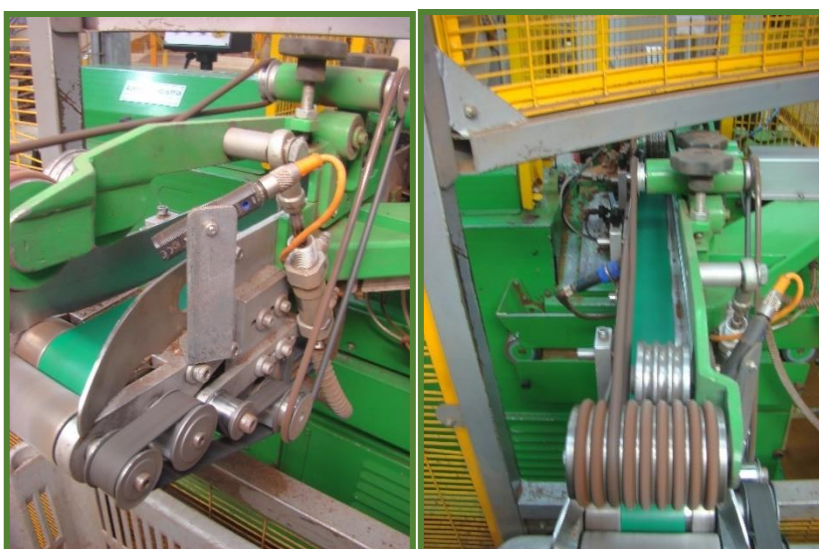


Figura 68 - Sensor instalado

Outro problema que afeta o funcionamento eficiente do *robot* é a pinça metálica instalada. Quando os traços de cortiça são maiores que o tamanho normal (30 cm) o *robot* pode deixá-los cair quando faz a trajetória para os colocar na entrada da broca. Isto ocorre porque a força que o traço exerce é maior do que a força da pinça. A pinça também pode estar mal posicionada levando à má colocação de traços no tapete de alimentação das brocas.

Posto isto, foi efetuada a compra de uma nova pinça. Ao contrário da que se encontra instalada, esta consegue suportar mais peso: 12kg ao invés dos 3/4kg.

Nas Figuras 69 e 70 é possível visualizar a pinça antiga instalada e uma das anomalias provocadas.



Figura 69 - Pinça antiga



Figura 70 - Anormalidade da pinça antiga

Nas figuras 71 e 72 encontra-se já a nova pinça instalada no sistema.



Figura 71 - Nova pinça do robot



Figura 72 - Pinça nova instalada

Este equipamento novo contém umas mordanças mais altas e mais largas comparativamente com o antigo, o que permite um transporte eficaz de traços mais compridos, como podemos verificar na Figura 72.

Em anexo encontra-se disponível o catálogo com as características do novo equipamento.

Brocas

Uma das micro-paragens mais frequentes deve-se aos encravamentos nas brocas. A cortiça devido às suas características é muito inconstante, tornando-se uma das causas pela quebra de produção, pelo que irão existir sempre encravamentos neste equipamento.

Desta forma, apenas se torna possível minimizar os encravamentos ocorridos ao invés da sua total eliminação. Através do estudo efetuado concluiu-se que além das particularidades de cada traço de cortiça o que provoca quebras de produção nas brocas automáticas é a quantidade de lixo (apara, fitas e/ou bocados) que alcança esta parte do sistema. Assim, julgou-se pertinente atuar sobre esse problema surgindo duas propostas de melhoria:

1. Elaboração de um plano de manutenção preventiva do sistema de visão
2. Implementação de um sistema de sopro para limpar as câmaras
3. Instalação de um manipulador capaz de retirar as inconformidades

4.1.1. Plano de Manutenção Preventiva do Sistema de Visão

Um dos problemas encontrados que é transversal ao mau funcionamento do *robot* e das brocas automáticas deve-se ao sistema de visão. Este sistema, como esclarecido anteriormente, é composto por duas câmaras com o objetivo de identificar a posição do traço e a qualidade do mesmo. Caso sejam transportadas fitas e/ou bocados o sistema deve rejeitá-los dando a informação ao *robot* para não os movimentar até ao tapete de alimentação. Contudo, este sistema não é infalível e por vezes (como comprovado anteriormente) não rejeita os defeitos e rejeita traços com qualidade. Assim, foi desenvolvido um plano de manutenção preventiva com o propósito de identificar possíveis falhas antes de estas acontecerem, prevenindo micro-paragens

e conseguinte quebras de produção. Trata-se, portanto, de uma técnica que visa reduzir falhas do equipamento (ver conceito na revisão bibliográfica).

Diariamente os dados referentes ao funcionamento das câmaras são recolhidos sendo, depois, transferidos para um ficheiro Excel, onde é feito o seu devido tratamento. Estes dados são retirados de um monitor de aquisição de dados (anexo N).

A título de exemplo, consideremos a linha de produção um. Durante o mês de Fevereiro foram colecionados os dados representados na Tabela 17:

Tabela 17- Dados recolhidos durante o mês de Fevereiro sobre o funcionamento do Sistema de Visão

Data	L1 RA												L1 RB											
	ROT								POS				ROT								POS			
	P5	P6	P7	TOTAL				TOTAL																
				OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%					
01/02/2017	1,8	1,4	0,3	18251	96,4	663	3,5	18036	99,1	160	0,8	0,5	1,4	0,2	18092	97,8	388	2,1	17827	98,9	189	1,1		
02/02/2017	1,6	1,3	0,3	18298	96,6	633	3,3	18095	99,1	161	0,8	0,2	1,2	0,2	18057	98,0	361	1,9	17799	99,0	172	0,9		
03/02/2017	1,4	1,2	0,3	11113	96,9	352	3	11001	99,3	75	0,6	0,4	1,5	0,2	10693	97,7	249	2,2	10517	98,8	120	1,1		
06/02/2017	1,5	1,2	0,3	7256	96,8	240	3,2	7177	99,1	58	0,8	0,3	1,4	0,4	7077	97,7	159	2,2	6982	98,9	76	1		
07/02/2017	1,6	1,2	0,2	19026	96,8	626	3,1	18823	99,1	161	0,8	0,3	1,5	0,2	18293	97,9	391	2,2	18062	98,9	189	1		
08/02/2017	1,4	1,2	0,3	17926	96,9	589	3	17597	99,2	139	0,7	0,4	1,2	0,2	17999	98,0	362	1,9	17721	99,0	174	0,9		
09/02/2017	1,3	1,1	0	17225	97,1	506	2,8	1714	99,2	133	0,7	0,2	1,1	0,3	18230	98,2	320	1,7	17874	98,4	279	1,5		
10/02/2017	1,8	1,1	0,1	3452	96,9	112	3	3407	99,1	28	0,8	0,2	1,5	0,2	3667	97,9	78	2	3594	98,3	62	1,6		
13/02/2017	1,2	1	0,3	6670	97,3	184	2,6	6609	99,3	44	0,6	0,1	0,7	0,4	6586	98,5	98	1,4	6492	99,0	59	0,9		
14/02/2017	1,5	1,1	0,4	16008	96,9	506	3	15853	99,3	107	0,6	0,2	0,9	0,4	16755	98,2	297	1,7	16454	98,6	219	1,3		
15/02/2017	2,1	1,4	0,3	16976	96	706	3,9	16791	99,3	117	0,6	0,3	1,2	0,3	17518	98,0	357	1,9	17171	98,3	285	1,6		
16/02/2017	1,7	1	0,2	16516	96,9	515	3	16380	99,4	93	0,5	0,3	1	0,3	17584	98,2	305	1,7	17346	98,9	179	1		
17/02/2017	3,3	1,6	0,3	5806	94,6	328	5,3	5751	99,3	35	0,6	0,4	1,1	0,3	5824	98,0	114	1,9	5769	99,2	45	0,7		
20/02/2017	1,5	1,7	0,4	6378	96,3	245	3,6	6323	99,2	50	0,7	0,1	1,1	0,3	65330	98,3	112	1,6	6378	97,9	136	2		
21/02/2017	1,5	1,4	0,2	17719	96,8	582	3,1	17555	99,3	115	0,6	0,2	1,2	0,3	17945	98,1	339	1,8	17329	96,9	538	3		
22/02/2017	2,1	1,7	0,2	17495	95,9	742	4	17293	99,2	134	0,7	0,4	1,5	0,4	18439	97,5	456	2,4	18080	98,3	304	1,6		
23/02/2017	2,1	1,5	0,2	13564	96,0	564	3,9	13448	99,4	78	0,5	0,4	1,4	0,3	17595	97,7	413	2,2	17349	99	166	0,9		
24/02/2017	1,2	1,2	0,3	12056	97,1	357	2,8	11705	99,4	64	0,5	0,3	1,2	0,2	16987	98,1	322	1,8	16726	98,8	197	1,1		
Fevereiro	1,7	1,3	0,3	13429,7	96,6	469,4	3,3	12419,9	99,2	97,3	0,7	0,3	1,2	0,3	17370,6	98,0	284,5	1,9	13859,4	98,6	188,3	1,3		

As variáveis P5, P6 e P7 correspondem, respetivamente a traços não identificados, pequenos e sobrepostos. Os traços pequenos e sobrepostos devem ser rejeitados pelo sistema de visão ao passo que os não identificados correspondem aos traços conformes que são mal rejeitados. A soma destas variáveis corresponde ao valor “NOK” da rotação (ROT na Tabela). A variável P5 é a única sob a qual temos controlo uma vez que diz respeito às não conformidades do sistema.

Os valores “NOK” superiores a 3% correspondem a câmaras que não estão a trabalhar eficientemente, isto é, estão a rejeitar mais do que o que seria suposto. Este valor foi determinado tendo por base a quantidade de cestos cheios por turno. Os 3% definidos dizem respeito a 2 cestos cheios por turno, considerando que mais que esse valor é incomportável.

Relembrando o que foi explicado no capítulo 3.4, a primeira câmara do sistema lê a orientação do traço de cortiça – rotação – enquanto a 2ª câmara lê as coordenadas de posição do mesmo – posição. A percentagem “NOK” é referente ao erro associado a cada uma destas câmaras. Podemos validar os valores alcançados nos testes anteriores (Tabela 13, variável E3) onde se concluiu que a maioria dos erros do sistema de visão se devem a anomalias da câmara da

caixa negra (orientação). Nesta tabela verificamos que os valores da rotação (orientação) NOK são bastante superiores aos valores NOK da posição (câmara de fora).

Após a recolha dos dados, podemos verificar quais as câmaras que necessitam de uma ação de inspeção de modo a prevenir eventuais falhas do processo antes de estas acontecerem e aquelas que necessitam de intervenção imediata. Nos dias 1/02- 02/02, 06/02-07/02, 15/02, 17/02-23/02, foi necessário implementar uma ação corretiva para diminuir o erro associado e corrigir o funcionamento do sistema. Por outro lado, nos dias em que os valores se encontrem muito perto de 3% é preciso restaurar as condições de funcionamento de maneira a evitar falhas futuras.

A realização destas tarefas está ao encargo da equipa de manutenção que procede não só ao registo dos dados, mas também à resolução dos problemas do sistema de visão encontrados.

As câmaras existentes são controladas através de um programa que já vem desenvolvido com os equipamentos da *Bresimar* (fornecedora dos equipamentos de sistema de visão) – Figura 73.

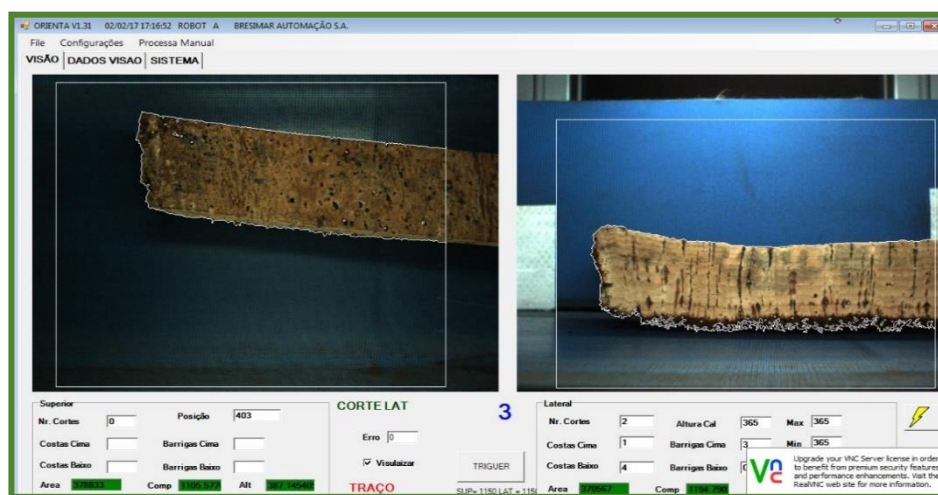


Figura 73 - Programa das câmaras instaladas

A informação da Figura 74 diz respeito ao ganho e exposição das câmaras. O ganho alude ao nível de luminosidade pretendida. No caso de a cortiça ser mais escura é necessário aumentar este valor para obter uma imagem mais clara e nítida. Se existir uma elevada luminosidade exterior (por exemplo no Verão), tem de se efetuar a ação contrária para não serem analisadas imagens demasiado claras.

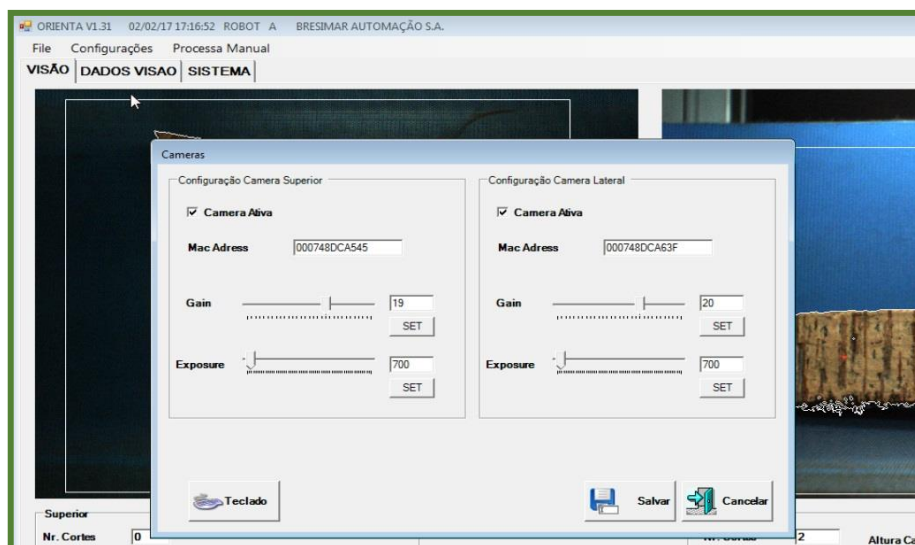


Figura 74 - Figura 74- Parâmetros definidos (câmara 1)

A exposição, por outro lado, diz respeito ao tempo que a câmara necessita para adquirir a imagem. Este tempo é contabilizado em milissegundos e funciona do seguinte modo: quanto maior for este valor, mais nítida será a imagem mas também maior será o tempo de obtenção das imagens, o que torna o sistema mais lento. Contudo, é preciso ter alguma precaução quando definirmos este valor, pois valores demasiado elevados podem tornar a imagem branca.

Na Figura 75, encontra-se a página de seleção de parâmetros. Os parâmetros de seleção definidos para a 1ª câmara pretendem identificar o corte da imagem (lateral ou de cima), a área do traço, comprimento e altura. As câmaras só aceitam os traços que se encontram dentro dos limites estipulados. É também estabelecido o valor da tolerância permitida para delimitar a região do traço (*threshold*).

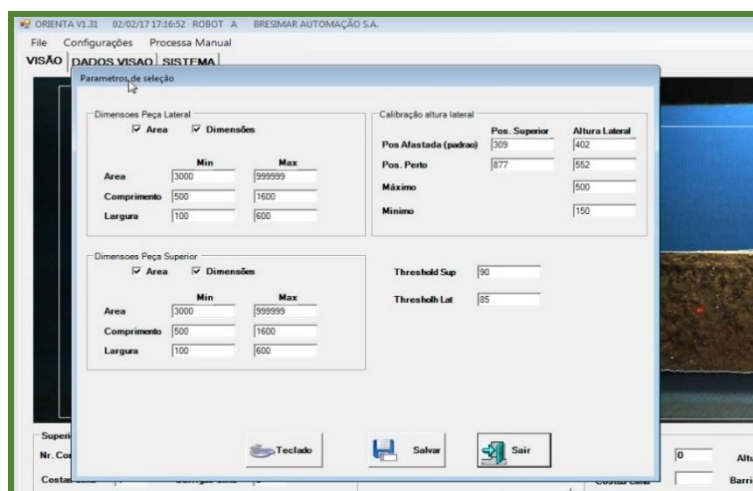


Figura 75 - Parâmetros de seleção (câmara 1)

Além dos parâmetros de altura e comprimento, na segunda câmara é essencial definir o ângulo da pinça para dar as indicações corretas ao *robot* sobre o posicionamento do traço para que consiga pegar no traço no local correto (*Offset Pinça* – Figura 76).

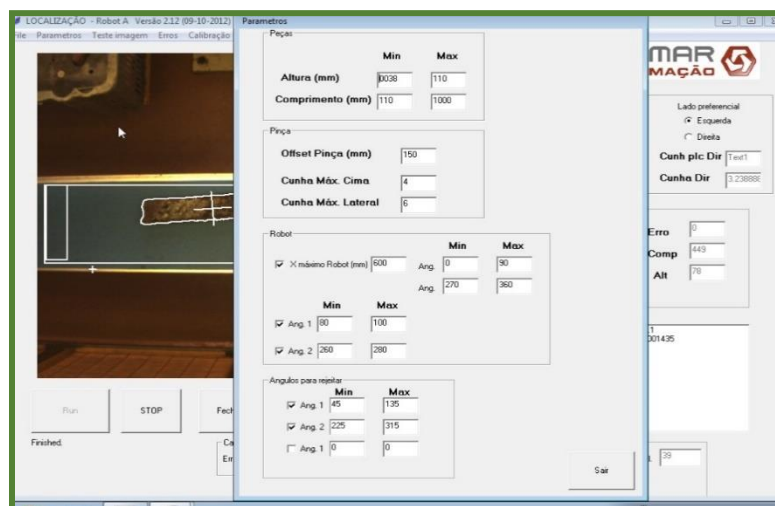


Figura 76 - Parâmetros associados à câmara 2

Posteriormente, também se define os ângulos do *robot* para impedir que colida com ele mesmo – Figura 77. Estas variáveis só são alteradas caso o operador da linha de produção dê indicação à equipa de manutenção pois apercebe-se facilmente das inconformidades do *robot*.

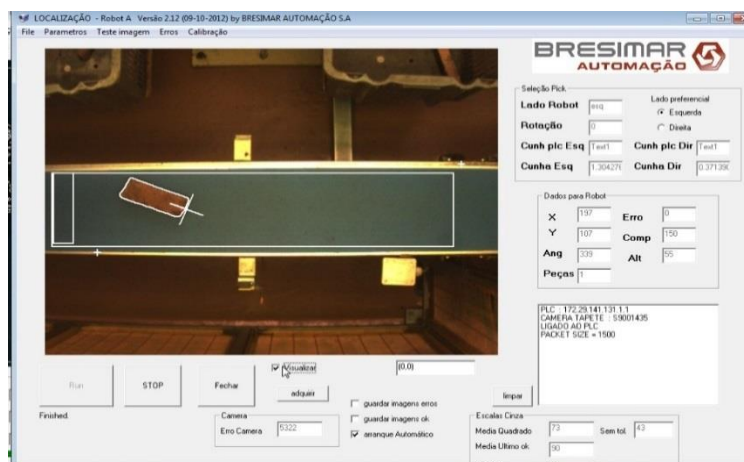


Figura 77 - Parâmetros de posição do traço

Caso uma câmara não esteja colocada na posição ideal (devido a limpeza, por exemplo), esta fica descalibrada o que implica que as referências do *robot* sejam alteradas. Isto pode prejudicar o funcionamento do *robot* pois não lhe são dadas as informações corretas sobre a posição do traço impedindo de lhes pegar de forma certa.

A Figura 78 ilustra a calibração das referências do *robot* em relação à área de interesse e às coordenadas (em cm).

Calibração do tapete

Calibração das Referências Visão ->> Robot

Referencial da Imagem

Referencial do Robot

Coordenadas do Zero Imagem Robot

X	74	0
Y	319	0

Coordenadas do Ponto Imagem Robot

X	588	807
Y	181	218

Zona de interesse (Area de Tapete)

Coordenadas Canto Imagem

X	10
Y	195

Coordenadas Canto Imagem

X	577
Y	310

Zona Padrao de Tapete (Segmentação)

Coordenadas Canto Imagem

X	12
Y	195

Coordenadas Canto Imagem

X	40
Y	305

Parâmetros Segmentação

	Pos 2,3,4	Pos 1
Tolerancia Median (0-255 cinza)	30	25
limite do lado da imagem anterior	1,25	
Máximo Padrão Median (0-255 cinza)	90	
Mínimo Padrão Median (0-255 cinza)	90	
Tolerancia V (0-255 cinza)	30	

SAIR

Figura 78 - Referências de visão do robot

Após a recolha de dados dos erros de ambas as câmaras, são feitas, então, as devidas alterações nos parâmetros que necessitam de alteração.

O ficheiro de Excel contém, a amarelo, a média mensal dos erros de cada câmara pertencente à linha de produção.

Se compararmos os gráficos dos meses de Fevereiro e Março, podemos ver uma melhoria significativa nos erros das câmaras desde que este plano foi posto em prática.

Na figura 79 estão os dados relativos ao mês de Fevereiro do lado do robot A.

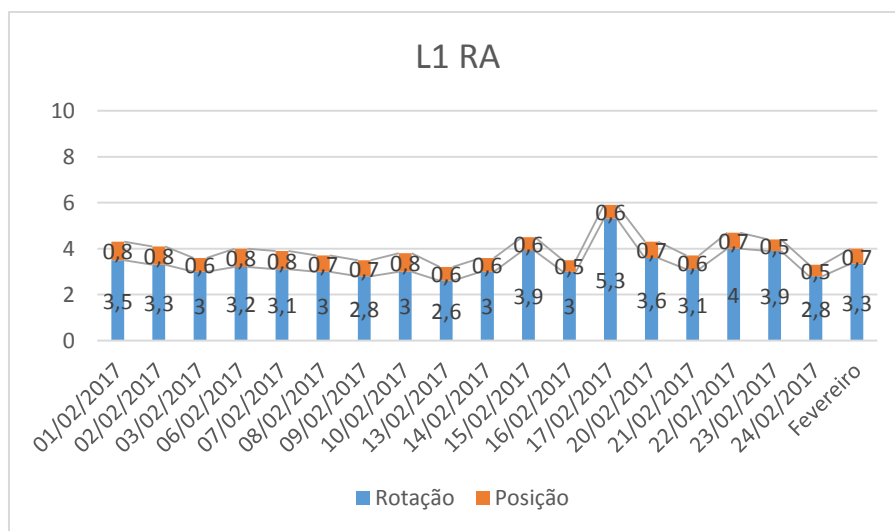


Figura 79 - Erros das câmaras da linha 1 do lado A (mês de Fevereiro)

Na figura 80 encontram-se os dados referentes ao mês de Fevereiro do lado do robot B.

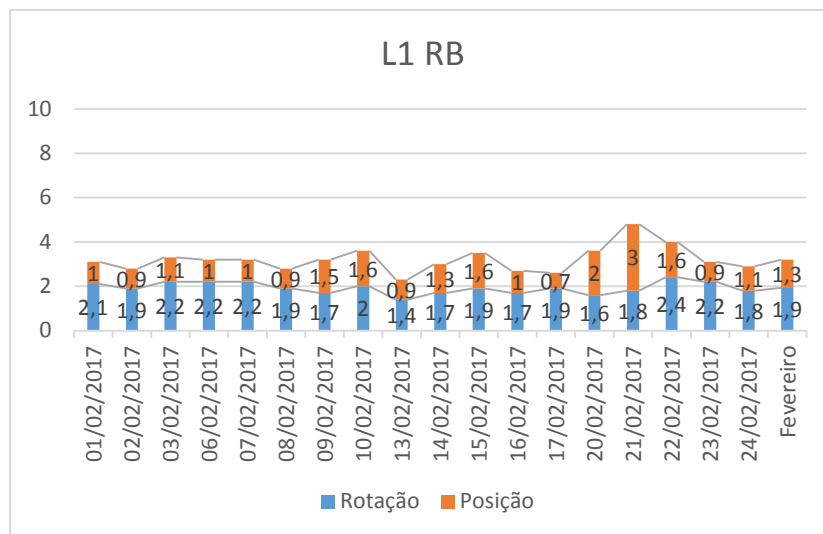


Figura 80 - Erros das câmaras da linha 1 do lado B (mês de Fevereiro)

Nas Figuras 81 e 82 estão os dados referentes às câmaras do lado A e B do *robot*, da linha 1, referentes ao mês de Março.

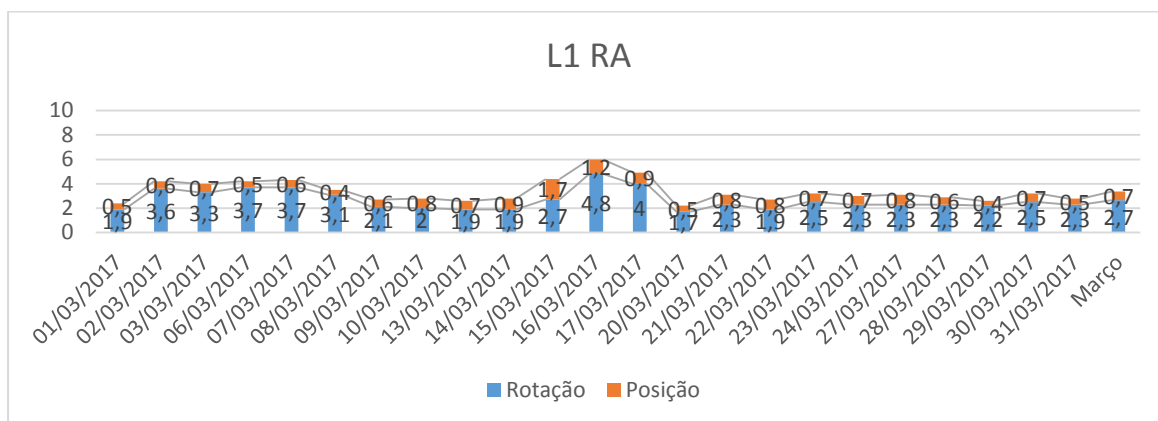


Figura 81 - Erros das câmaras da linha 1 do lado A (mês de Março)

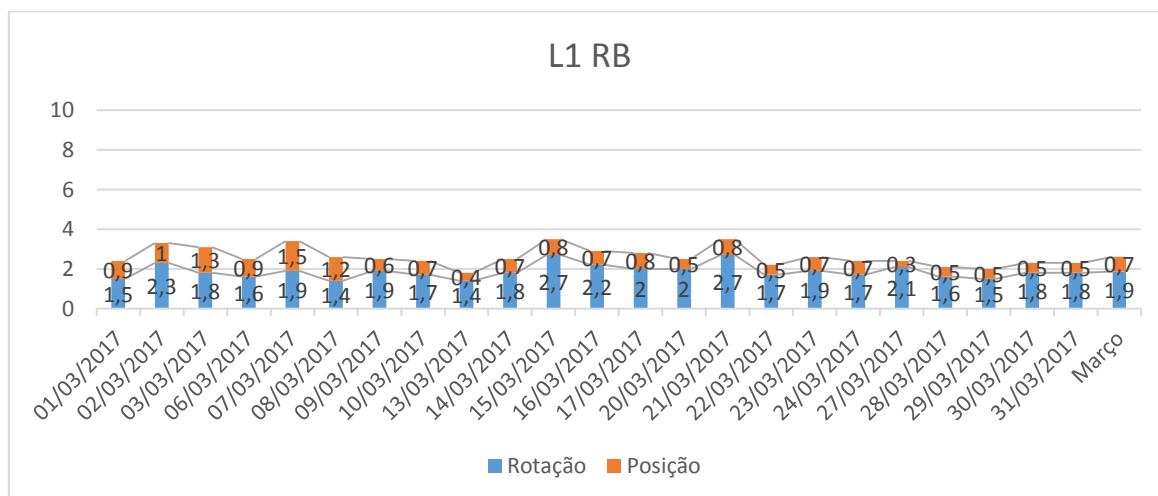


Figura 82 – Erros das câmaras da linha 1 do lado B (mês de Março)

Na Figura 83 encontra-se a tabela com a média dos erros do sistema de visão relativos ao mês de Fevereiro e Março.

Data	L1 RA												L1 RB											
	ROT								POS				ROT								POS			
	P5	P6	P7	TOTAL				TOTAL																
				OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%	OK	%	NOK	%					
Fevereiro	1,7	1,3	0,3	13429,7	96,6	469,4	3,3	12419,9	99,2	97,3	0,7	0,3	1,2	0,3	17370,6	98,0	284,5	1,9	13859,4	98,6	188,3	1,3		
Março	1,1	1,2	0,2	13505,0	97,2	382,2	2,7	13231,1	99,2	100,6	0,7	0,3	1,2	0,3	13400,6	98,0	263,7	1,9	13224,8	99,1	108,7	0,7		

Figura 83 - Média dos erros do sistema de visão da linha 1 no mês de Fevereiro e Março

- Em relação ao mês de Fevereiro, temos uma média de 3,3% e 0,7% (rotação e posição, respetivamente) referente ao lado A
- Em relação ao mês de Março temos uma média de 2,7% e 0,7% (rotação e posição, respetivamente) referente ao lado A
- Relativamente o lado B, em Fevereiro a média foi de 1,9% e 1,3% (rotação e posição) ao passo que em Março foi de 1,9% e 0,7%

Em suma, os erros associados a cada câmara têm vindo a diminuir desde que o plano de manutenção preventiva foi posto em prática. Além dos custos de manutenção que evitamos, ao implementar este tipo de manutenção, aumentamos a eficácia geral do sistema ao permitir um melhor funcionamento das câmaras existentes nas linhas de fabrico.

4.1.2. Instalação de Sistema de Sopro

Além das alterações dos parâmetros que possam ser necessárias para o devido funcionamento do sistema de visão, a equipa de manutenção também trata da limpeza das câmaras, pois o pó acumulado pode influenciar as imagens recolhidas pelo sistema.

Como cada linha de produção tem seis câmaras e existem 5 linhas de produção com este sistema existe um elevado tempo despendido nesta atividade de limpeza.

Posto isto, foi implementado um sistema de sopro automático que de meia em meia hora é acionado e limpa as câmaras durante 2 segundos. Este sistema foi implementado nas câmaras da caixa negra, uma vez que estas são aquelas que mais irregularidades contêm como verificado anteriormente.

Este sistema conduz a menos anomalias das câmaras instaladas devido aos resíduos de cortiça acumulados e a uma limpeza diária constante que não seria possível caso fosse efetuada pelos intervenientes da equipa de manutenção – Figura 84.

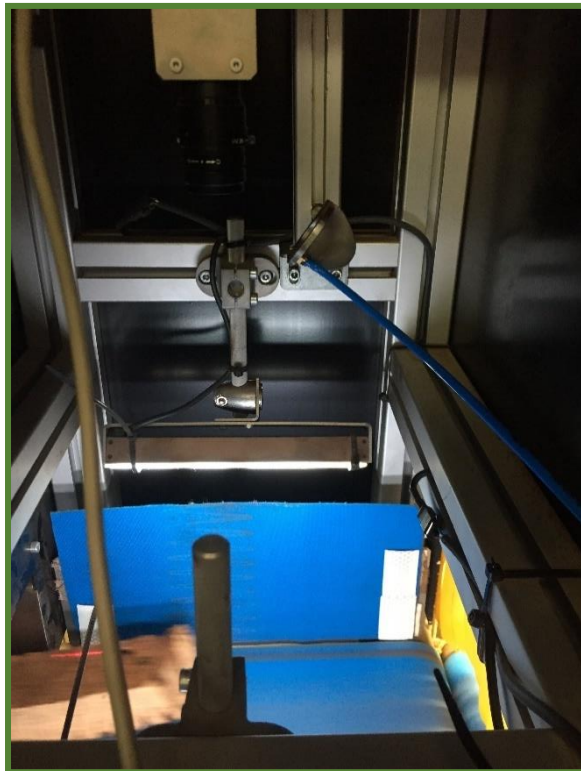


Figura 84 - Sistema de sopro automático nas câmaras do sistema

4.2. Medição do Indicador OEE após melhorias

Qualquer ação de melhoria só se torna viável se conduzirem a ganhos como o aumento de produção, diminuição de colaboradores e o aumento do OEE. As melhorias aplicadas devem ser medidas para comprovar a sua eficácia.

Na Figura 85 encontra-se os valores de cada fator do OEE, na semana 19, após a implementação de todas as melhorias sugeridas. No anexo L, pode-se consultar os resultados obtidos para o cálculo do indicador.

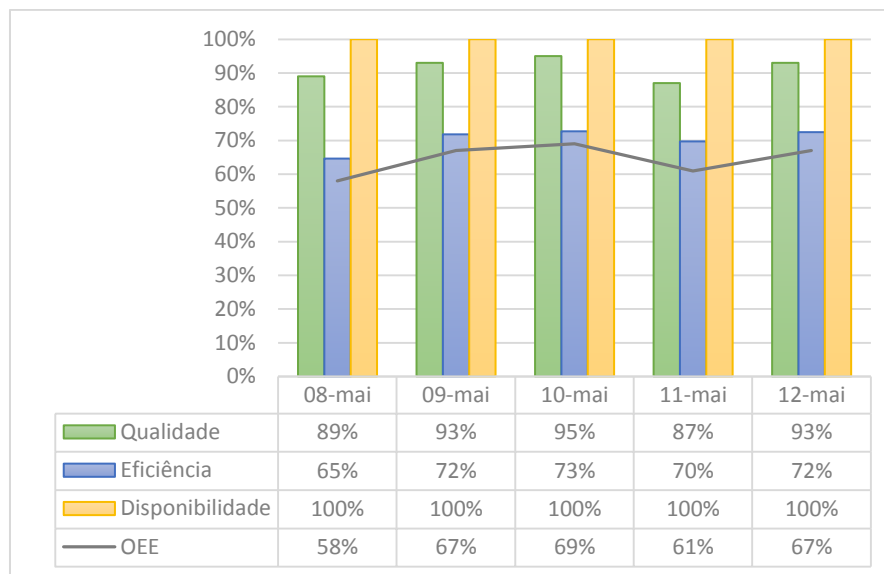


Figura 85 - Valores do OEE na semana 19

Tabela 18- Comparação dos valores do OEE estipulados por Nakajima (1988) com os resultados das implementações de melhoria

	Qualidade	Eficiência	Disponibilidade	OEE
Linha de Produção	91%	70%	100%	64%
Nakajima (1988)	99%	95%	90%	85 %

Analisando o gráfico e a Tabela 18, observamos que o valor médio do OEE teve um aumento de 6% relativamente ao valor alcançado durante a semana 4. Tal, deve-se ao aumento da eficiência da linha de produção de 5 pontos percentuais: na situação inicial tivemos uma média de 65% do fator e, após as melhorias, alcançou-se um valor médio de 70%.

O fator relativo à disponibilidade aumentou pois, mais uma vez, não foram considerados os tempos das micro-paragens e não existiram avarias nem falhas que obrigassem a paragens superiores a cinco minutos.

A qualidade diminuiu de 94% para 91%. Atualmente a empresa tem vindo a enfrentar problemas críticos em relação à qualidade da cortiça adquirida. Esta diminuição de valor de qualidade pode estar relacionada com esse facto, além de que, ao contrário do que foi medido na primeira situação, as máquinas de deslenhar agora apenas retiram raça e apara, tendo sido eliminado o repasse (ver anexo L).

Este aumento de eficiência tem repercussões no valor da produção. Enquanto na primeira avaliação se obteve uma média de 123.000 rolas/turno, neste estudo atingiu-se um valor médio de 134.000 rolas/turno. De notar que a produção média global do sector por linha de broca automática é de 150.000 rolas/turno.

4.3. Alternativas de implementação futura

4.3.1. Instalação de um manipulador

Outro dos problemas comuns a todos os equipamentos são os encravamentos ocorridos devido a apara/fitas/bocados. Isto acontece porque não existe um sistema de limpeza/eliminação destes defeitos na rabaneação (setor dedicado ao corte das pranchas de cortiça). Baseado nos estudos anteriores, numa simulação ideal onde todos estes defeitos foram eliminados, uma linha de produção é capaz de produzir 26.403 rolhas num intervalo de hora e meia, o que corresponde a um aumento de 12%.

Visto que se trata de um problema recorrente com um grande impacto na produção, esta foi a causa prioritária a ser alvo de atenção.

A melhoria implementada trata-se de um manipulador (*robot*) programado para analisar todos os traços provenientes da rabaneação e fazer uma rápida seleção dos traços conformes e dos defeitos (apara, fitas e bocados).

Na figura 86 temos representado um diagrama-modelo da situação de melhoria proposta.

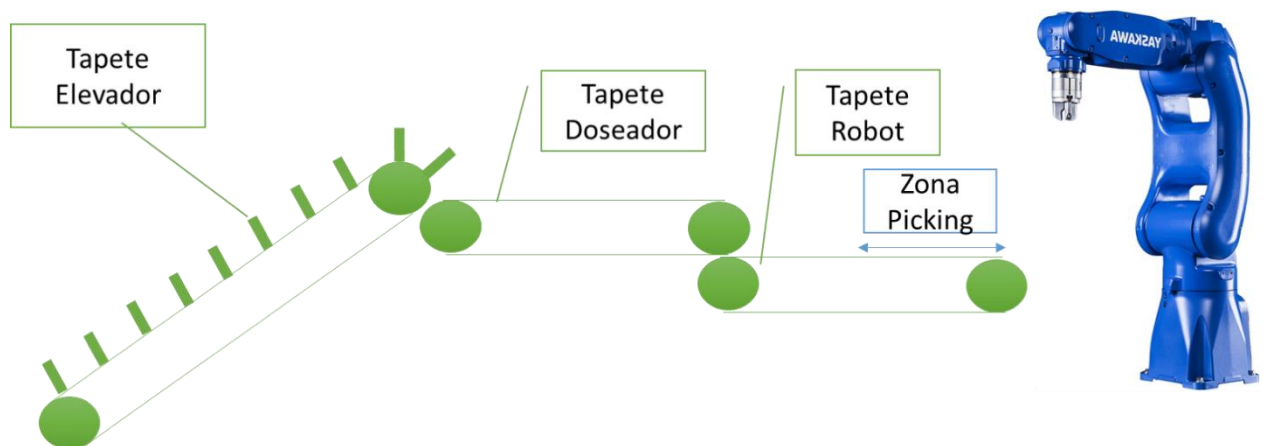


Figura 86 - Diagrama da proposta de melhoria da instalação do manipulador

Na figura 87 temos esta proposta de melhoria já instalada para posteriores estudos.

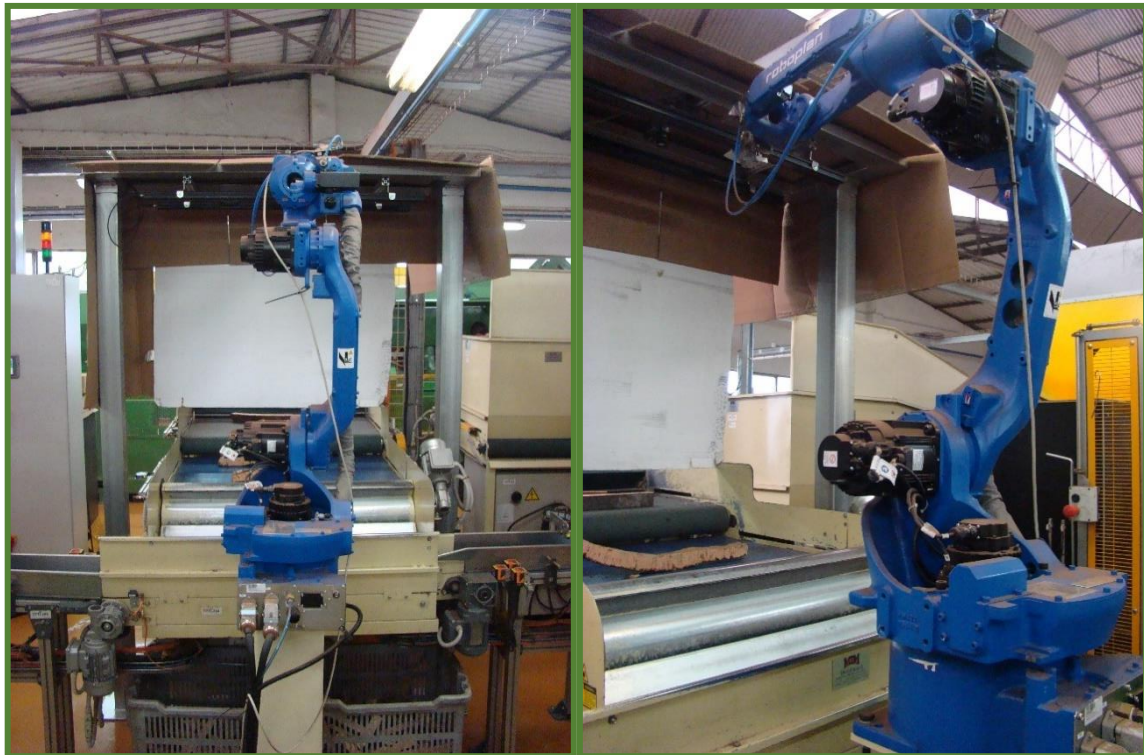


Figura 87 - Manipulador

A instalação deste equipamento ocorreu na semana 14. A função deste manipulador é transportar os traços de cortiça para cada um dos corredores dirigidos a cada *robot*, eliminando o uso do rolo metálico. Ao desinstalar o rolo, fica um espaço entre os tapetes por onde irão cair as fitas e bocados que o *robot* rejeitará. O *robot* tem, assim como os outros, uma câmara instalada de forma a poder analisar os traços.

Após a sua colocação numa das linhas de produção, procedeu-se à avaliação do equipamento.

Considerando que a produção atual de uma linha é 150 mil rolhas/turno, os testes realizados foram efetuados tendo por base esta premissa (Tabela 19). De realçar que esta produção não corresponde à produção autónoma do *robot*, isto é, o operador alimenta constantemente as brocas automáticas em conjunto com o *robot*.

Tabela 19 - Testes efetuados ao robot manipulador

	Condições	Objetivo	Duração	Produção/1hora	Produção/turno (8horas)
Teste 1	Sem o sistema de tapetes existente e introdução de traços feita manualmente em ambos os tapetes dos robots	Testar produção máxima dos robots instalados	30 min	20.434	163.472
Teste 2	Com o robot alimentador e com o sistema de tapetes existente	Verificar o funcionamento do robot alimentador com o sistema atual	60 min	14.274	114.192
Teste 3				12.523	100.184
Teste 4	Mesmas condições que os testes 2 e 3 em que os traços foram alinhados e retirados os bocados e fitas do tapete do robot	Verificar o funcionamento do sistema com a redução de tempo de espera do robot alimentador	30 min	15.616	124.928
Teste 5				18.180	145.440
Teste 6				15.727	125.816
Teste 7	Com o robot alimentador mas sem o sistema de tapetes existentes. Os traços foram introduzidos diretamente no tapete do robot.	Verificar a produção máxima da linha com o robot alimentador	30 min	17.324	138.592
Teste 8				18.874	150.992

A diferença entre os testes 2 a 6 consistiu na alteração da velocidade dos motores de cada tapete (Tabela 20).

Os testes 7 e 8 diferem entre si em relação ao comprimento dos traços de cortiça utilizados. No teste 7 foram utilizados traços com mais de 25 cm de comprimento ao passo que no teste 8 foram utilizados traços com mais de 40 cm de comprimento.

Tabela 20 - Velocidade dos motores dos tapetes do sistema

Testes	Frequência dos motores dos tapetes		
	Elevador	Doseador	Robot
2	20 Hz	30 Hz	65 Hz
3	25 Hz	35 Hz	75 Hz
4	20 Hz	30 Hz	65 Hz
5	20 Hz	30 Hz	65 Hz
6	25 Hz	35 Hz	75 Hz

Com base nos resultados obtidos verificou-se que o *robot* escolhido não é suficientemente rápido para alimentar o resto do sistema. Somente no teste 8 é que foi atingido o objetivo proposto, mas com condições (traços maiores que 40cm) que não representam a realidade do funcionamento do dia-a-dia.

Após a conclusão destes estudos foi proposta uma melhoria para tentar atingir os objetivos esperados.

Esta melhoria consiste na instalação de uma rampa acrílica que permite que o *robot*, ao contrário da situação inicial onde tinha de pegar nos traços e colocá-los em cada um dos tapetes após o rolo metálico, só tem de pegar nos traços e colocá-lo sempre no mesmo local – na rampa colocada. As trajetórias do *robot* também foram otimizadas.

As figuras 88, 89 e 90 ilustram a situação instalada.

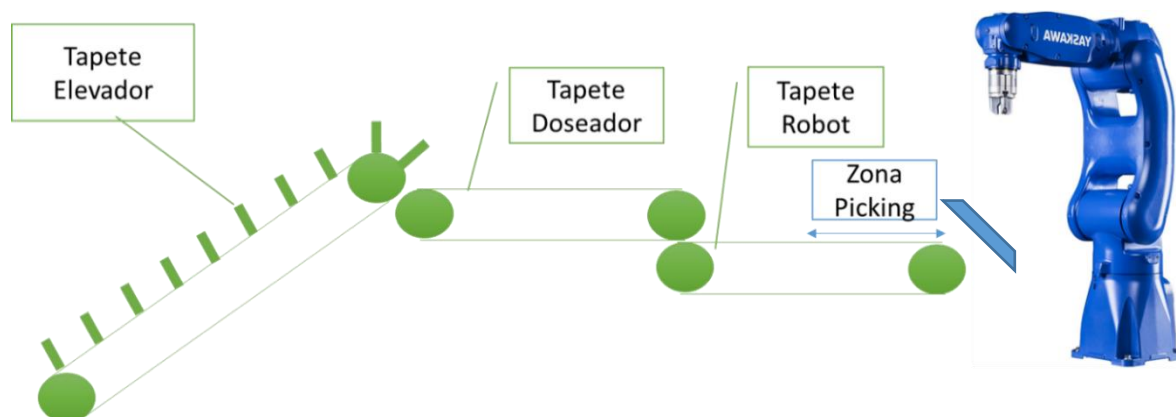


Figura 88 - Diagrama do novo sistema do manipulador

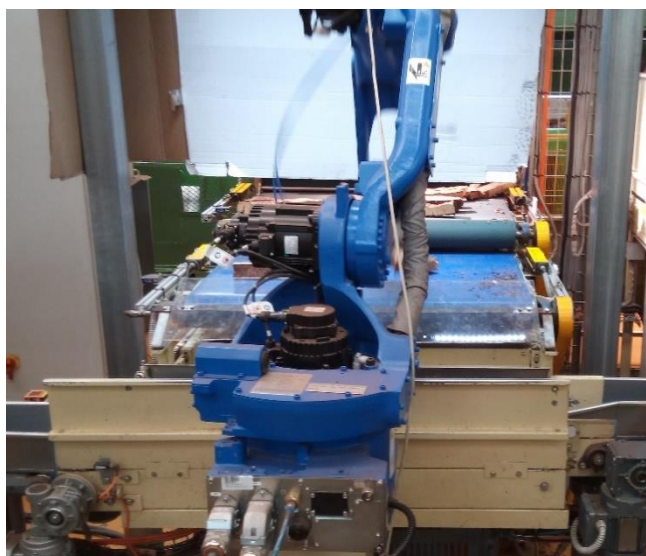


Figura 89 - Implementação da rampa acrílica

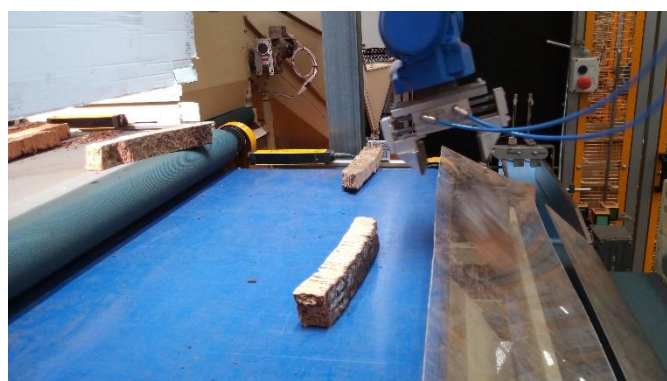


Figura 90 - Rampa acrílica instalada

Na tabela 21 encontram-se expostos os resultados obtidos com esta alteração no sistema:

Tabela 21 – Testes efetuados ao robot manipulador com a instalação da rampa acrílica

	Condições	Objetivo	Duração	Produção/1hora	Produção/turno (8horas)
Teste 1	Com o robot alimentador e com o sistema de tapetes existentes em que foram alinhados os traços no tapete do robot e retirados as fitas e bocados	Produzir 150 mil rolhas/turno	30 min	15.610	124.880
Teste 2			30 min	16.276	130.208
Teste 3			30 min	17.280	138.240
Teste 4			30 min	17.286	138.288
Teste 5	Condições iguais às dos testes anteriores com alteração de velocidade dos tapetes de alimentação		30 min	19.242	153.936
Teste 6			30 min	19.140	153.120
Teste7			30 min	18.792	150.336
Teste 8			30 min	18.476	147.808

A diferença de condições entre os testes 1, 2, 3 e 4 para os testes 5,6, 7 e 8 prende-se com a alteração da frequência dos motores dos tapetes do sistema. Na tabela 22, encontram-se especificados os valores destas frequências.

Tabela 22- Frequência dos motores dos tapetes do sistema

Testes	Frequência dos motores dos tapetes		
	Elevador	Doseador	Robot
1	20 Hz	30 Hz	65 Hz
2			
3			
4			
5	25 Hz	35 Hz	75 Hz
6			
7			
8			

Analisado as Tabelas 21 e 22 foi possível alcançar o objetivo determinado de atingir as 150 mil rolhas por turno, cuja produção diz respeito à situação real do sistema atual. No entanto, é necessário alterar a frequência dos motores do tapete de modo a atingir esse valor de produção e criar um sistema possível de orientar os traços. Pela tabela 20 podemos verificar que a produção média dos testes 5 a 8 é superior à produção média dos testes 1 a 4 ($132.904/\text{turno} \leq 151.050/\text{turno}$) uma vez que foram alteradas as velocidades.

Assim, torna-se exequível a instalação deste sistema permitindo uma seleção de traços mais eficaz e sem a ajuda do operador, contanto que exista um sistema capaz de assegurar a orientação dos traços na posição correta permitindo uma maior rapidez do manipulador.

Para a instalação deste manipulador em cada linha de produção é necessário um investimento de 120.000€ (Equação 12):

$$\text{Investimento para 4 manipuladores} = 30.000\text{€} * 4 = 120.000\text{€} \quad (12)$$

4.3.2. Situação Futura - Alteração do Layout

Para atingir o objetivo principal deste projeto foi desenvolvida uma proposta de alteração de *layout* das células de produção de brocas automáticas. Esta transformação visa colocar um operador responsável por duas linhas de trabalho correspondentes a oito brocas.

Atualmente o modelo representado na Figura 91 é o que se encontra em vigor.

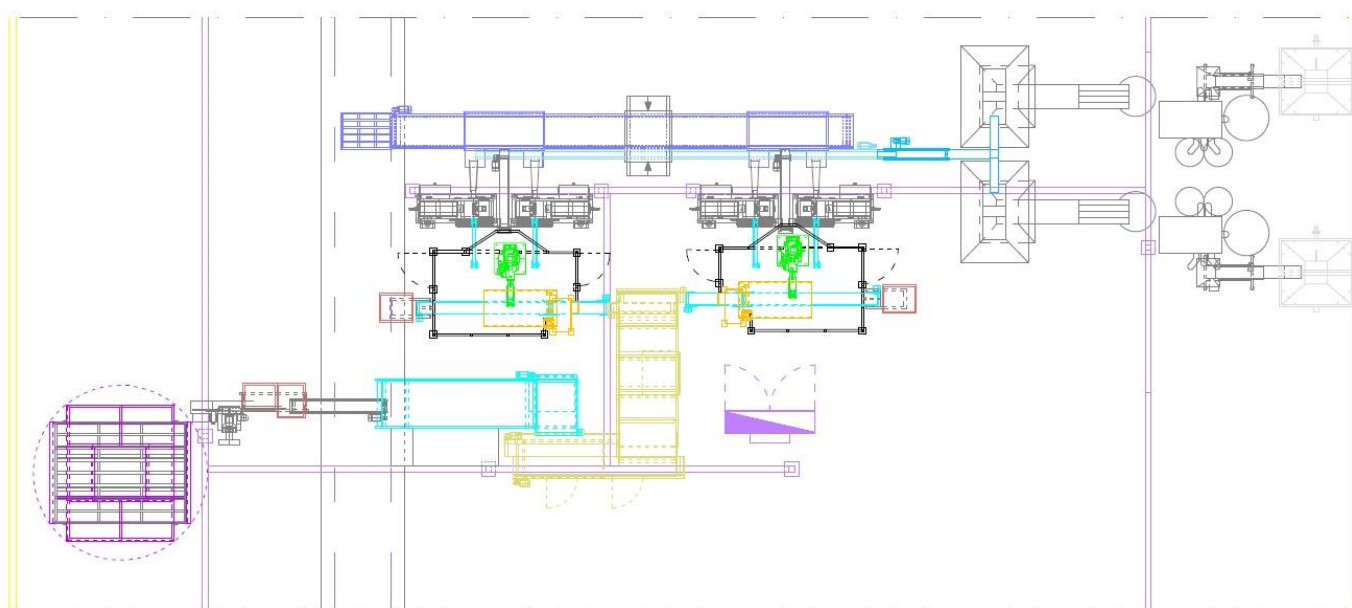


Figura 91 - Desenho de uma linha de produção de brocas

A intenção ao fazer esta alteração de *layout* é facilitar a movimentação por parte do operador dentro da célula de produção, permitindo-lhe trabalhar em dois grupos de brocas.

À semelhança do layout celular em U, pretende-se aplicar um sistema de produção flexível que elimine movimentações desnecessárias permitindo um nível ergonómico e produtivo elevado.

Na figura 92 está representado o novo layout desenhado para a formação de uma linha de produção.

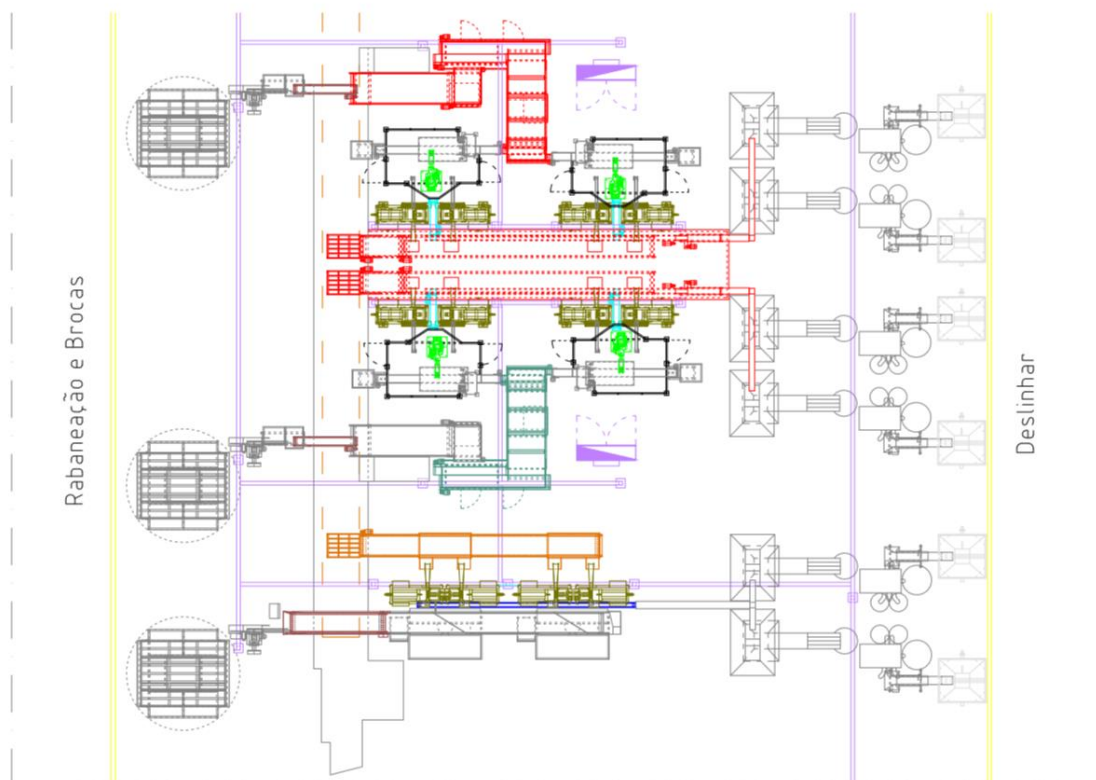


Figura 92 - Novo layout com alterações para duas linhas

Os elementos a vermelho identificam os equipamentos novos que terão de ser adquiridos para montar esta célula. Ao invés da situação antecedente, não existem degraus para sair do meio da célula de trabalho. Os tapetes a vermelho encontram-se subterrados permitindo uma deslocalização plana ao operador.

Na figura 93 encontra-se o mesmo *layout* mas definido para todo o grupo de brocas automáticas robotizadas.

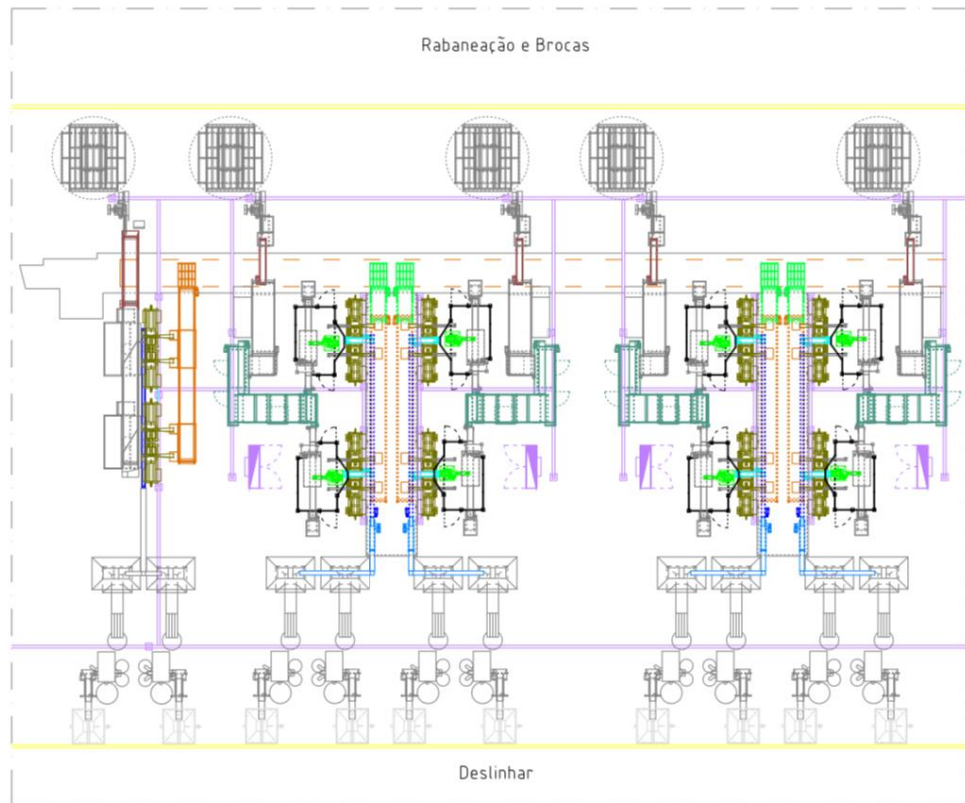


Figura 93 - Novo layout com alterações para as 4 linhas

Como se pode observar, as duas linhas de produção estão agora juntas criando uma célula de trabalho única.

Na Figura 93 temos um *layout* de todas as quatro linhas de produção com *robots* de todo o setor. Esta implementação, além de permitir criar espaço, facilita os movimentos do operador.

Para a instalação e aquisição dos novos equipamentos, é necessário um investimento que ronda os 9.000€ e para a contratação de uma empresa fabril 12.000€.

Sendo que um colaborador responsável por cada linha de fabrico custa à organização 14.500/ano e com esta alteração serão dispensadas 2 pessoas por cada turno, correspondente a 6 pessoas no total, temos uma poupança por ano equivalente a 87.000€ (Equação 13):

$$\text{Poupança total por ano} = 14.500\text{€} \times 6 = 87.000\text{€} \quad (13)$$

Sendo que é necessário um investimento de 30.000€ para esta alteração (Equação 14):

$$\text{Investimento necessário} = (9.000\text{€} \times 2) + 12.000\text{€} = 30.000\text{€} \quad (14)$$

Obtemos um *payback* anual de três meses e meio (Equação 15):

$$PAYBACK\ ANUAL = \frac{30.000}{87.000} = 0,345 = 3\ meses\ e\ meio \quad (15)$$

Portanto, com a instalação de um manipulador por cada linha de trabalho juntamente com esta sugestão de alteração de layout é possível diminuir os recursos humanos alocados ao sector, como previamente definido no objetivo.

Para tal, é necessário um investimento de 150.000€ (Equação 16) com um *payback* anual de 2 anos (Equação 17).

$$Investimento\ necessário = 30.000€ + 120.000€ = 150.000€ \quad (16)$$

$$PAYBACK\ ANUAL = \frac{150.000}{87.000} = 1.724 \approx 2\ anos \quad (17)$$

5. Conclusão

Este projeto tinha como objetivo primordial diminuir os recursos humanos afetos ao setor da brocagem. Para tal, era necessário diminuir a ocorrência de encravamentos mecânicos e as micro-paragens neste setor.

Foi aplicada a metodologia TPM e escolhido o indicador OEE como referência de desempenho para avaliar o estado inicial dos equipamentos de uma linha de produção do setor.

Numa primeira etapa, foram identificados e mensurados os encravamentos ocorridos em cada fase da linha. Uma vez que a produção de uma linha de fabrico deste género depende das brocas que, por sua vez, depende dos equipamentos precedentes, calculou-se o indicador considerando as brocas como o recurso gargalo da linha.

As máquinas possuem um contador do tempo produtivo e do tempo sem produzir. No entanto, foi escolhido não utilizar esses dados pois apesar de serem dados fiáveis e precisos não especificam o motivo de paragem, impossibilitando a diferenciação entre micro-paragens e tempos improdutivos associados a falhas e/ou avarias

Após a medição do OEE, concluiu-se que os equipamentos não estavam a operar na sua total eficácia. Desta forma, foram analisados individualmente cada fator (disponibilidade, eficiência e qualidade) para apurar as causas que estavam a influenciar negativamente este indicador.

Os valores alcançados do fator disponibilidade podem ser falaciosos uma vez que o funcionamento da linha não foi medido durante as 24 horas de funcionamento da fábrica. A eficiência apresentava os piores resultados e, sendo esta, influenciada pelas micro-paragens o foco deste projeto passou a ser a sugestão de propostas de melhoria para a eliminação desses tempos improdutivos.

O valor médio do OEE de uma empresa típica ronda os 60%, sendo que o valor “*world-class*” ronda os 85%. Isto sugere que o valor obtido numa fase inicial do OEE seja considerado razoável. No entanto, os resultados adquiridos estavam muito aquém daqueles que se poderiam vir a alcançar.

A identificação e compreensão dos modos de falha e suas causas é fundamental para se conseguir contornar os problemas existentes de forma a ser encontrada uma solução para lhes dar resposta. Assim, foram elaborados dois gráficos distintos com o propósito de avaliar as causas mais significativas no valor da eficiência e o porquê da sua existência (diagrama de Pareto e causa-e-efeito).

As ações de melhoria implementadas, sem a necessidade de investimentos avultados, provaram ser uma mais-valia e resultaram num impacto positivo quando comparado com a situação inicial.

Ao juntar as ações de melhoria e a elaboração de um plano de manutenção preventivo notou-se uma evolução positiva do OEE.

O sistema pneumático trata-se de um equipamento que precisa de constante afinação e ajuste. Com a criação de hábitos e métodos para identificar e prevenir situações de anomalias de equipamentos é possível melhorar a eficácia desse sistema e a eficácia global da linha de produção.

Um dos problemas que se arrastava há algum tempo (encravamentos no tapete em “V”) foi solucionado o que implicou uma melhoria significativa das condições de trabalho. O impacto do manipulador não foi perceptível uma vez que foi implementado numa linha-piloto diferente daquela que esteve em estudo durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Atualmente, cada linha de fabrico produz, em média, 150 mil rolhas/turno e, como referido no capítulo 3.4, 12% desta produção é proveniente do trabalho realizado pelos operadores que colocam manualmente traços de cortiça no tapete de alimentação das brocas. Após todos os testes realizados, onde o operador apenas estava responsável pelo desencravamento das máquinas, a média de produção rondava as 135 mil rolhas/turno.

Apesar dos esforços investidos e das melhorias implementadas, ainda não é possível alcançar o objetivo proposto. Foi possível diminuir as causas de encravamento e o tempo improdutivo associado a cada uma delas, mas não é possível, ainda, garantir pelo menos o mesmo nível de produção.

No entanto, a fábrica encontra-se, agora, bem mais perto do objetivo pré-definido pois notou-se uma diferença do nível de produção da situação atual para a situação com as melhorias: aumento de 123.000 rolhas/turno para 134.000 rolhas/turno.

Acredita-se que, futuramente, instalando os manipuladores em todas as linhas de produção (com um sistema capaz de garantir a orientação dos traços de cortiça) e alterando o seu layout, é possível diminuir o número de colaboradores neste sector mantendo a produção atual de 150ML rolhas/turno.

Com o desenvolvimento desta dissertação, é importante referir a importância que todos os colaboradores tiveram na execução de todas as tarefas, para a deteção das causas das falhas e consequentes soluções para a sua prevenção.

Para singrar no mercado atual as empresas não se devem focar apenas na quantidade, mas na qualidade dos seus produtos. A filosofia TPM é um passo para assegurar a qualidade dos produtos uma vez que estimula a apreensão de competências técnicas dos colaboradores e privilegia os equipamentos em prol da qualidade. A utilização de ferramentas Lean é, portanto, um meio fundamental para aumentar a rentabilidade empresarial e a sua eficiência.

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios e demonstraram o enorme potencial da metodologia TPM. Outra ilação que podemos tirar deste método é a rápida deteção e eliminação de desperdícios associados ao funcionamento dos equipamentos.

Com o término deste projeto tornou-se visível a importância da engenharia e gestão industrial para a criação de ambientes fabris otimizados.

Foi um processo bastante enriquecedor para o progresso pessoal e profissional pois permitiu o desenvolvimento de capacidades e aptidões ainda pouco desenvolvidas.

Referências bibliográficas

- Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008). Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709-756.
- Amorim & Irmãos, S.A. (2016). *Manual de Acolhimento*. Santa Maria de Lamas.
- Andersson, C., Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Bicheno, J., Holweg M. (2009), "The Lean Toolbox - The Essential Guide to Lean Transformation, Fourth Edition", PICSIE Books, Buckingham.
- Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção dos Conceitos à Prática*. Ed. Lisboa: LIDEL.
- Chan, F.T.S., Lau, H.C.W., Ip, R.W.L., Chan, H.K., Kong, S. (2003). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (1998). *Production and Operations Management: Manufacturing and services* (8th ed.). Boston: McGraw-Hill
- Coughlan, P., Coglán, D. (2002). Action research for operations management, *International Journal of Operations & Production Management*, 22, 2, pp. 220-240
- Imai M. (1997), "Gemba Kaizen - A Commonsense, low-cost approach to management", McGraw-Hill.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press.
- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. G. (2008). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Lisboa: Prefácio.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Obtido em 5 de janeiro de 2017, em http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20pensamento%20magro.pdf
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean. A filosofia das organizações vencedoras* (6ª ed.). Lisboa: Lidel – Edições Técnicas, Lda.
- Silva, J. P. (2009). OEE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos. Obtido em 16 de janeiro de 2016, em <http://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-AEFICACIA-DOS-EQUIPAMENTOS>.
- Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management* (12th ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Tague, N. R., (1995). *The Quality Toolbox*. Milwaukee (WI): ASQ Quality Press, cop.

The Japan Institute of Plant Maintenance. (1996). TPM for Every Operator. New York: Productivity Press.

The Productivity Development Team. (1999). OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness. New York: Productivity Press.

Willmott, P., 1990. Total productive maintenance. Willmott Consulting Services




Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). TPM: A Route to World-Class Performance. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. London: Simon & Schuster, Ltd.

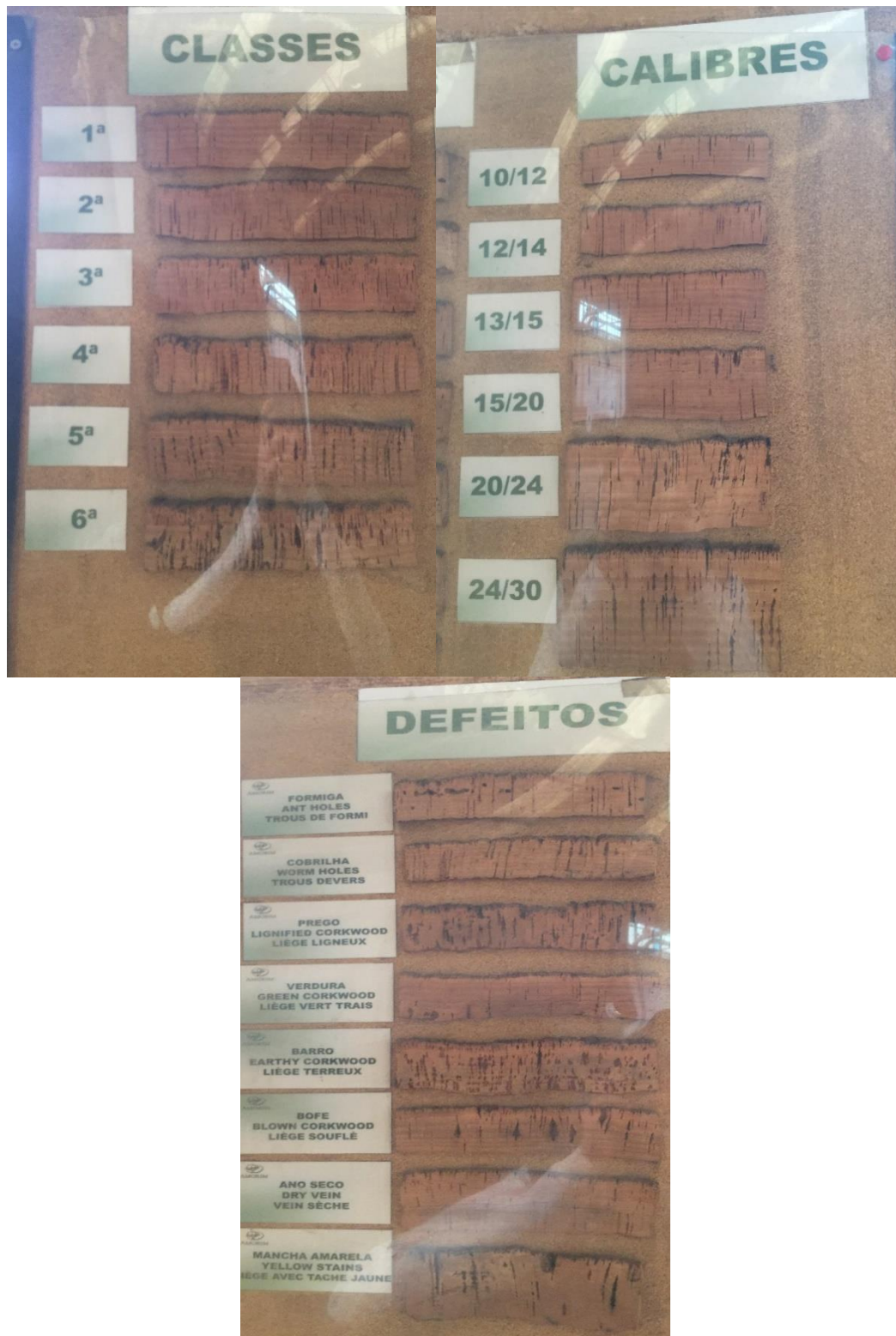
Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World. New York: Rawson Associates.

Anexos

A: Rolhas Corticeira Amorim

Rolhas para vinho	<p>Ideal para a conservação de vinhos em garrafa e o único vedante que assegura simultaneamente uma correta maturação e a evolução do vinho</p>	Natural	<p>É a mais conceituada das rolhas, um produto topo de gama para os melhores vinhos</p>	
Rolhas para vinhos efervescentes	<p>Estas rolhas possuem um corpo formado por aglomerado de grânulos de cortiça com 1,2 ou 3 discos de cortiça natural aplicado num dos topos. O seu maior diâmetro torna estas rolhas ideais para suportar elevadas pressões existentes nas garrafas de vinho com gás</p>	Spark	<p>Composta por um corpo granulado de cortiça, com dois discos de cortiça natural de elevada qualidade na extremidade que entra em contacto com o vinho; Adequada para vedar os melhores champanhes e espumantes</p>	
Rolhas para espirituosos	<p>Nestes produtos são acopladas cápsulas de madeira, porcelana, metal, vidro, PVC, entre outros materiais. São geralmente usadas em vinhos licorosos/generosos ou em bebidas espirituosas que estão prontos a serem degustados quando engarrafados e podem ser consumidos num maior período de tempo</p>	Top Series	<p>São rolhas de cortiça natural capsuladas exclusivas, com um <i>design</i> diferenciador; Alia <i>design</i> à performance técnica a ambiental da cortiça natural</p>	

B: Classes, Calibres e Defeitos da cortiça que chega à unidade industrial de Lamas



C: Defeitos de processo do sector da brocagem



D: Formulário do registo de observações – Rabaneação

Data	Horas	Turno	Fitas	Bocados	Total	Produção Inicial	Produção Final	Indicador
07-11-2016	8h30 – 9h30	2	28	47	75	11894	34909	23.015
07-11-2016	10h-11h30	2	35	47	82	41537	63319	21.782
08-11-2016	8h30 – 9h30	2	35	36	71	15297	39148	23.851
08-11-2016	10h-11h30	2	33	41	74	44655	68187	23.532

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Conta-Palitos (x4 Registos)

1º Registo

Fitas	
Bocados	

E: Formulário do registo de observações - Tapete em “V”

Data	Horas	Turno	Apara	Sensor	Fitas	Total	Tempo de desencravamento	Indicador de produção
10-11-16	8h30 – 9h30	2	5	1	0	6	02:48,4	15.362
10-11-16	10h-11h30	2	3	0	0	3	01:08,3	21.898
10-11-16	8h30 – 9h30	2	4	1	0	5	01:33,2	18.956
10-11-16	10h-11h30	2	3	0	0	3	01:34,9	20.086

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Tabela de contagem de tempos (x4 registos)

1º Registo

Tipo de encravamento	Tempo de encravamento
Sensor	
Apara	
Fitas	

F: Formulário do registo de observações - Rolo Metálico

Data	Horas	Turno	Defeitos	Indicador de produção
15/11/2016	8h30 – 9h30	2	79	21.997
15/11/2016	10h-11h30	2	101	23.100
16/11/2016	8h30 – 9h30	2	87	20.420
16/11/2016	10h-11h30	2	117	23.955

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Conta-Palitos (x4 Registos)

1º Registo

Número de vezes que o rolo transporta apenas fitas	
Número de vezes que o rolo dá uma volta sem traços	
Número de vezes que um traço empanca o rolo	
Número de vezes que transporta apenas bocados	

G: Formulário do registo de observações - Sistema pneumático

Data	Horas	Turno	Defeitos	Indicador de produção
17/11/2016	8h30 – 9h30	2	71	24.308
17/11/2016	10h-11h30	2	69	23.792
18/11/2016	8h30 – 9h30	2	64	25.295
18/11/2016	10h-11h30	2	71	21.279

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Conta-Palitos (x4 Registos)

1º Registo

Número de traços sobrepostos/simultâneos	
Número de encravamentos por apara	

Número de encravamentos por causa de traços	Tempo de encravamento

H: Formulário do registo de observações - *Robot*

Data	Horas	Turno	Defeitos	Indicador de produção
22/11/2016	8h30 – 9h30	2	149	22.353
22/11/2016	10h-11h30	2	202	24.012
23/11/2016	8h30 – 9h30	2	125	24.723
23/11/2016	10h-11h30	2	190	24.938

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Conta-Palitos (x4 Registos)

1º Registo

Número de vezes que o robot bate	
Número de vezes que entrega cortiça ao contrário	
Número de vezes que deixa cair a cortiça	
Número de vezes que coloca mal o traço	

Rejeição correta do sistema	
Fitas	
Bocados	
Simultâneo	

Rejeição incorreta do sistema	
1ª Câmara (câmara da caixa negra)	

2ª Camara (câmara de fora)	
----------------------------	--

I: Formulário do registo de observações - Brocas

Data	Horas	Turno	Encravamentos	Indicador de produção
22/11/2016	8h30 – 9h30	2	20	22.571
22/11/2016	10h-11h30	2	12	23.048
23/11/2016	8h30 – 9h30	2	13	25.082
23/11/2016	10h-11h30	2	16	25.109

Produção Inicial

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Produção Final

Registo	A1	A2	A3	A4
1				
2				
3				
4				

Tempo de Paragem	Causa	Tempo de Paragem	Causa	Tempo de Paragem	Causa	Tempo de Paragem	Causa
00:15,1	Traço baixo	00:12,1	Traço baixo	00:12,8	Pequeno	00:07,9	Traço baixo
00:07,5	Traço baixo	00:18,6	Cunha	00:14,5	Traço baixo	00:10,5	Pequeno
00:05,2	Fita	00:30,1	Foto	00:56,7	Brocas OFF	00:05,5	Sobreposto
00:16,4	Traço baixo	00:09,0	Sobreposto	00:17,4	Traço baixo	00:42,1	Traço alto
01:08,6	Traço baixo	00:05,7	Fita	00:07,5	Traço baixo	00:06,8	Ao contrário
00:46,9	Traço baixo	00:10,3	Traço baixo	00:03,9	Fita	00:22,7	Fita
01:01,1	Traço baixo	00:17,0	Pequeno	00:10,3	Traço baixo	00:48,6	Traço baixo
00:39,0	Cunha	00:10,4	Fita	00:12,3	Cunha	00:11,7	Ao contrário
00:10,4	Traço baixo	00:26,7	Fita	00:56,0	Brocas OFF	00:31,7	Ao contrário
00:51,7	Pequeno	00:13,9	Fita	00:08,5	Traço baixo	00:10,6	Traço alto
00:22,5	Traço baixo	00:12,0	Ao contrário	00:40,9	Lixo	00:19,9	Pequeno
00:17,2	Traço baixo	00:39,3	Pequeno	00:11,3	Traço baixo	00:16,6	Ao contrário
00:09,8	Fita			00:15,1	Traço baixo	00:08,7	Fita
00:17,8	Cunha					00:28,0	Ao contrário
00:10,2	Ao contrário					00:07,0	Cunha

00:28,4	Traço baixo			
00:40,5	Fita			
00:26,9	Pequeno			
00:10,0	Traço baixo			
00:40,9	Traço baixo			
09:06,1		03:25,2	04:27,2	04:38,2

J: Formulário do Controlo Visual

Dia	Teste	Repasse	Apara	Raça
12/12/2016	Apara	3	95	2
12/12/2016	Repasse	93	4	3
12/12/2016	Raça	3	3	94
13/12/2016	Apara	0	99	1
13/12/2016	Repasse	98	2	0
13/12/2016	Raça	2	1	97
14/12/2016	Apara	1	94	5
14/12/2016	Repasse	91	3	6
14/12/2016	Raça	3	1	96
15/12/2016	Apara	0	99	1
15/12/2016	Repasse	87	7	6
15/12/2016	Raça	1	5	94
16/12/2016	Apara	1	96	3
16/12/2016	Repasse	92	4	4
16/12/2016	Raça	2	3	95

K: Dados recolhidos e tratados para o cálculo do OEE – Situação Inicial

Dados relativos ao primeiro dia de registos (23/01/2017)

Data: 23-Janeiro-2017	Tempo total improdutivo: 22:11,1 (minutos)	OEE: 66%
Horas: 13h30 – 14h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 22:11,1 (minutos)	OF: 601608
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 17.340 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 138.720 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,918	Fitas: 11 Bocados: 76

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	27892	28457	29609	25874
Produção final	32113	32780	34413	29866

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	3 (Tempo total parado = 00:49,8s)
Entrega cortiça ao contrário	0
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	4
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	90
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	24
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	15
E3. Má rejeição – traços de qualidade	51
E3a -	36 (8 porque robot bateu)
E3b-	15

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:24,5

Encravamento no rolo metálico

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:22,8

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 01:02,2

Encravamento no tapete em “V”

Apara	Sensor	Fitas	Tempo de encravamento
2	0	0	1min16s

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

A

Tempo	Motivo
00:06,0	S/ alimentação
00:07,0	S/ alimentação
00:10,0	S/ alimentação
00:46,0	Manutenção
00:03,0	S/ alimentação
00:01,0	Manutenção
00:09,0	Apalpadores laterais
00:12,0	Apalpadores inferiores
00:14,0	Apara
00:12,0	Apalpadores laterais
00:26,0	Apalpadores laterais
00:18,0	Apalpadores inferiores
00:29,0	S/ alimentação
00:36,0	S/ alimentação
00:02,0	S/ alimentação
00:13,0	S/ alimentação
00:18,0	S/ alimentação
00:09,0	Apalpadores laterais
00:04,0	S/ alimentação
00:08,0	Apalpadores inferiores
00:10,0	S/ alimentação
00:07,0	S/ alimentação
00:13,0	Apalpadores laterais
00:01,0	S/ alimentação
00:21,0	S/ alimentação
00:22,0	Apalpadores laterais
00:10,0	S/ alimentação
00:15,0	S/ alimentação
00:22,0	S/ alimentação
00:07,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
00:08,0	Apalpadores laterais
00:07,0	S/ alimentação
00:09,0	Cortiça baixa
00:09,0	S/ alimentação
00:30,0	Apalpadores inferiores
00:25,0	Apalpadores laterais
00:13,0	S/ alimentação
08:43,0	

Dados relativos ao segundo dia de registros (24/01/2017)

Data: 24-Janeiro-2017	Tempo total improdutivo: 21:33,5 (minutos)	OEE: 54%
Horas: 14h30 – 15h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 19:19,5 (minutos)	OF: 60160
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 02:14,0 (minutos)	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 15.191 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 121.528 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,921	Fitas: 10 Bocados: 82

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	17370	18771	15680	15523
Produção final	21321	23143	19228	18843

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	2 (Tempo total parado = 00:14,2s)
Entrega cortiça ao contrário	0
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	0
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	61
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	18
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	8
E3. Má rejeição – traços de qualidade	35
E3a -	28 (5 porque robot bateu)
E3b-	7

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
6	00:32,5

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
1	00:01,8

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 00:13,9

Encravamento no tapete em “V”:

Apara	Sensor	Fitas	Tempo de encravamento
2	0	0	1min23s

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

A

Tempo	Motivo
00:20,0	Apalpadores inferiores
00:18,0	S/ alimentação
00:10,0	S/ alimentação
00:27,0	Apalpadores inferiores
02:14,0	Avaria apalpadores inf
00:13,0	S/ alimentação
00:15,0	S/ alimentação
01:08,0	Afiamento
00:15,0	S/ alimentação
00:08,0	Apara
01:10,0	Apalpadores laterais
00:12,0	Apara
00:08,0	S/ alimentação
00:07,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
00:15,0	S/ alimentação
00:10,0	Apara
00:07,0	S/ alimentação
00:10,0	S/ alimentação
00:17,0	S/ alimentação
00:47,0	Afiamento
00:05,0	Apalpadores laterais
00:05,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
00:15,0	S/ alimentação
00:21,0	S/ alimentação
00:06,0	Apalpadores laterais
00:08,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
10:35,0	

Dados relativos ao terceiro dia de registos (25/01/2017)

Data: 25-Janeiro-2017	Tempo total improdutivo: 22:32,1 (minutos)	OEE: 57%
Horas: 14h30 – 15h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 22:32,1 (minutos)	OF: 60160
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 14.315 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 114.520 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,947	Fitas: 11 Bocados: 81

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	33784	31719	30451	23718
Produção final	37823	35400	33613	27151

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	3 (Tempo total parado = 00:27,1s)
Entrega cortiça ao contrário	1
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	2
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	60
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	28
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	7
E3. Má rejeição – traços de qualidade	25
E3a -	17 (8 porque robot bateu)
E3b-	8

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:09,1

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
1	00:06,6

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 00:18,3

Encravamento no tapete em “V”:

Apara	Sensor	Fitas	Tempo de encravamento
1	2	0	2min20s

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

A

Tempo	Motivo
00:06,0	S/ alimentação
00:10,0	S/ alimentação
00:11,0	S/ alimentação
00:19,0	S/ alimentação
00:17,0	Apalpadores inferiores
00:49,0	Apalpadores inferiores
00:12,0	Apalpadores inferiores
00:13,0	S/ alimentação
00:14,0	S/ alimentação
00:08,0	S/ alimentação
00:09,0	Fitas
00:12,0	S/ alimentação
00:17,0	Apalpadores laterais
00:21,0	Apalpadores laterais
00:24,0	Apalpadores laterais
00:40,0	Apalpadores inferiores
00:20,0	Fitas
00:20,0	S/ alimentação
00:26,0	S/ alimentação
00:14,0	Apalpadores laterais
00:14,0	S/ alimentação
00:12,0	Apalpadores laterais
00:17,0	Apalpadores laterais
00:50,0	Apalpadores laterais
00:08,0	S/ alimentação
00:05,0	S/ alimentação
00:05,0	S/ alimentação
00:04,0	S/ alimentação
00:06,3	Baixa
00:09,4	Baixa
00:07,5	Apalpadores laterais
00:05,4	S/ alimentação
00:02,0	S/ alimentação
00:29,3	Apalpadores inferiores
00:25,0	S/ alimentação
09:21,9	

Dados relativos ao quarto dia de registos (26/01/2017)

Data: 26-Janeiro-2017	Tempo total improdutivo: 21:43,2 (minutos)	OEE: 49%
Horas: 14h30 – 15h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 16:00,2 (minutos)	OF: 60160
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 05:43,0 (minutos)	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 14.434 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 115.472 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,941	Fitas: 10 Bocados: 39

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	31684	32522	31370	27310
Produção final	35389	36110	35350	30471

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	1 (Tempo total parado = 00:13,6s)
Entrega cortiça ao contrário	2
Deixa cair cortiça	2
Coloca mal o traço	11
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	34
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	11
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	11
E3. Má rejeição – traços de qualidade	12
E3a -	10 (1 porque robot bateu)
E3b-	2

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
1	00:04,8

Encravamento no rolo metálico: 0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 00:09,4

Encravamento no tapete em “V”:

Apara	Sensor	Fitas	Tempo de encravamento
3	1	0	2min10s

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

Brocas	26 encravamentos
A	
Tempo	Motivo
00:12,6	Apalpadores inferiores
00:09,5	Ponta - Laterais
00:09,8	S/ alimentação
00:10,5	Baixa
00:10,2	Ponta - Laterais
00:03,7	Baixa
00:25,8	Baixa
00:12,6	Baixa
00:22,6	Apalpadores laterais
00:13,4	Apalpadores inferiores
00:02,2	S/ alimentação
00:08,8	Ponta - Laterais
00:05,7	S/ alimentação
00:14,5	S/ alimentação
00:14,7	Baixa
00:33,8	Baixa
00:19,3	Excentrica
00:31,0	Ponta - Laterais
00:09,7	S/ alimentação
00:10,3	Baixa - apalpadores, excentrica
00:14,6	Excentrica
00:42,3	Cortiça curva
00:13,4	Baixa - excentrica
00:25,6	Excentrica e laterais
00:11,7	S/ alimentação
00:06,1	S/ alimentação
05:43,0	Avaria tela
06:34,4	

Dados relativos ao quinto dia de registos (27/01/2017)

Data: 27-Janeiro-2017	Tempo total improdutivo: 18:27,1 (minutos)	OEE: 65%
Horas: 8h45 – 9h45	Tempo micro-paragens (eficiência): 18:27,1 (minutos)	OF: 60160
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 16.047 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 128.376 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,982	Fitas: 11 Bocados: 40

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	4635	5300	5200	5232
Produção final	8600	9435	9244	9135

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	2 (Tempo total parado = 00:33,4s)
Entrega cortiça ao contrário	1
Deixa cair cortiça	2
Coloca mal o traço	3
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	61
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	13
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	7
E3. Má rejeição – traços de qualidade	41
E3a -	25 (3 porque robot bateu)
E3b-	16

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:27,0

Encravamento no rolo metálico: 0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 02:23,1

Encravamento no tapete em “V”:

Apara	Sensor	Fitas	Tempo de encravamento
1	0	1	1min32s

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

Brocas		21 encravamentos
A		
Tempo	Motivo	
00:12,1	Excentrica	
00:02,7	Baixa	
00:32,0	Apalpadores laterais	
00:32,6	Baixa	
00:11,1	Baixa - apalpadores, excentrica	
00:37,3	Apalpadores laterais	
00:32,6	Baixa	
01:13,0	Afiamento	
00:16,7	Ponta - Laterais	
00:05,3	Apalpadores inferiores	
00:10,5	S/ alimentação	
00:06,2	Fita	
00:09,7	Baixa	
00:08,3	Baixa	
00:31,9	Excentrica	
00:08,8	S/ alimentação	
00:05,7	S/ alimentação	
00:03,8	S/ alimentação	
00:04,7	S/ alimentação	
00:44,2	Baixa	
06:29,1		

Informação para calcular fator Qualidade:

OF	Calibre	Turno	Máquina	Raça	Repass	Apara	Consumo	Conforme	%Qualidade	Data
60168	49x24	2	4	68903	2224	3905	75032	0,918314852	92%	23/jan
60160	49x24	2	4	26932	619	1695	29246	0,920878069	92%	24/jan
60160	49x24	2	4	32496	465	1339	34300	0,947405248	95%	25/jan
60160	49x24	2	4	92753	1740	4099	98598	0,940718879	94%	26/jan
60160	49x24	2	4	94998	409	1357	96764	0,981749411	98%	27/jan

Tempo de ciclo das brocas para o cálculo da eficiência:

- Em 10 minutos sem paragens» 995 rolhas
- Em 60 minutos» 5970

Eficiência			Tempo de ciclo = 0,0025126 = 1/398	
43,568	38,168	35,967	36,266	40,319
0,726	0,636	0,599	0,604	0,672
73%	64%	60%	60%	67%

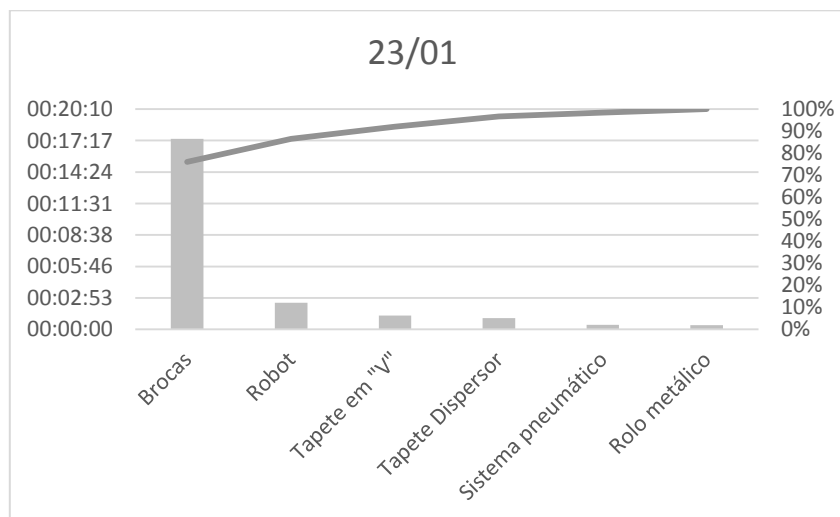
Informação para o cálculo dos fatores do OEE:

Qualidade	Eficiência	Disponibilidade	
	0,726131	0,99	
92%	73%	99%	23/jan
	66%		
	0,636139	0,92	
92%	64%	92%	24/jan
	54%		
	0,599456	1	
95%	60%	100%	25/jan
	57%		
	0,604439	0,87	
94%	60%	87%	26/jan
	49%		
	0,671985	0,98	
98%	67%	98%	27/jan
	65%		
94%	65%	95%	Média Global

L: Dados relativos ao diagrama de Pareto

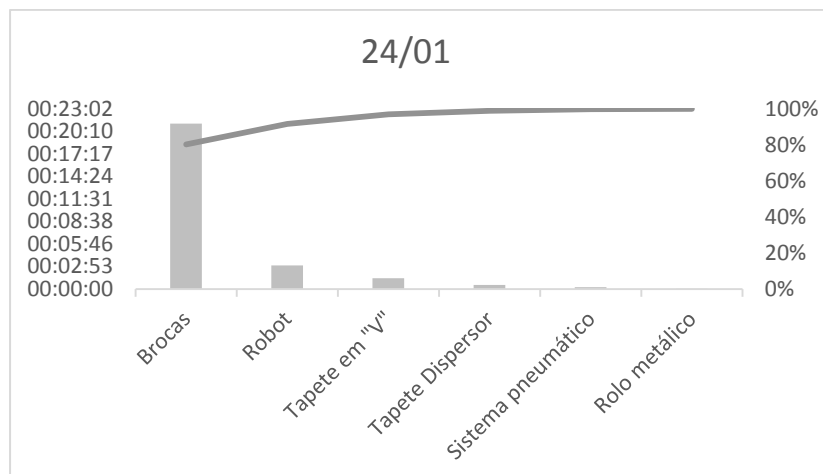
Dia 23/01/2017

Equipamento	Tempo de produção	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:17:26	0,759	76%
Robot	00:02:26	0,106	87%
Tapete em "V"	00:01:16	0,055	92%
Tapete Dispensor	00:01:02	0,045	97%
Sistema pneumático	00:00:24	0,017	98%
Rolo metálico	00:00:23	0,017	100%



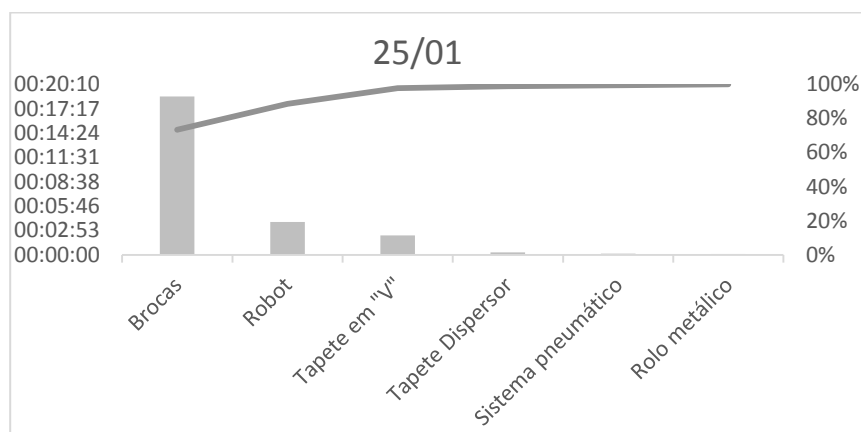
Dia 24/01/2017

Equipamento	Tempo de produção	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:21:10	0,802	80%
Robot	00:03:02	0,115	92%
Tapete em "V"	00:01:23	0,052	97%
Tapete Dispensor	00:00:32	0,020	99%
Sistema pneumático	00:00:14	0,008	100%
Rolo metálico	00:00:02	0,001	100%



Dia 25/01/2017

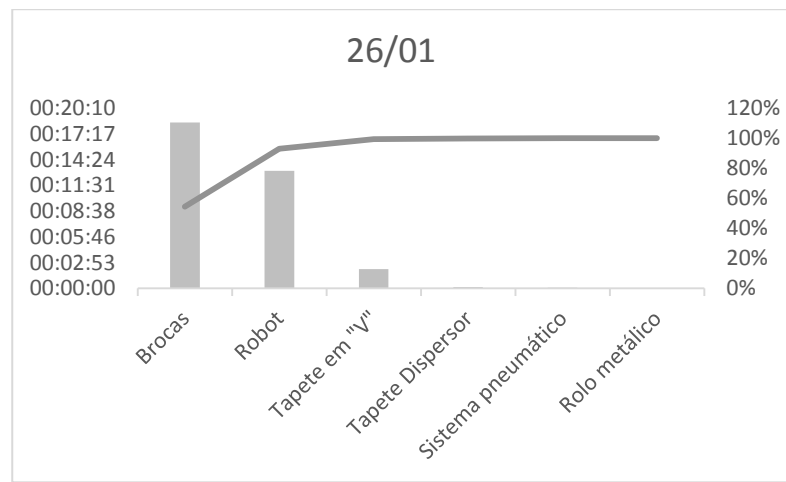
Equipamento	Tempo de produção	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:18:44	0,734	73%
Robot	00:33:54	0,153	89%
Tapete em "V"	00:02:20	0,091	98%
Tapete Dispensor	00:00:18	0,012	99%
Sistema pneumático	00:00:09	0,006	100%
Rolo metálico	00:00:07	0,004	100%



Dia 26/01/2017

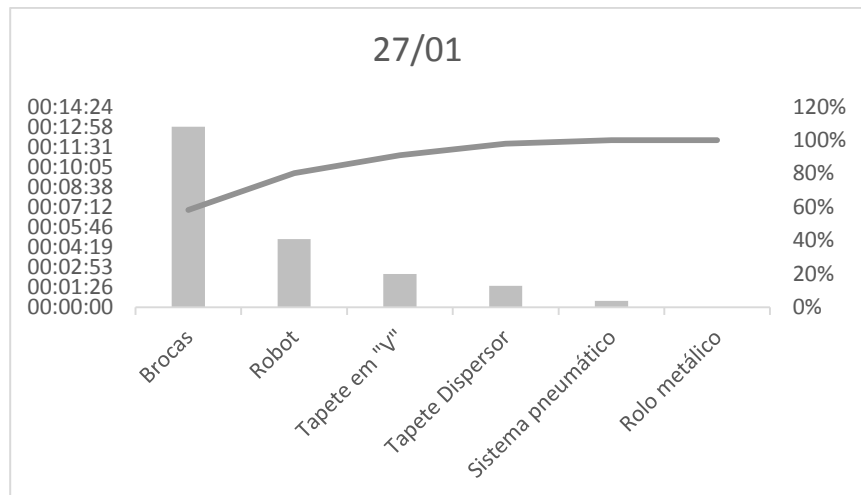
Equipamento	Tempo de produção	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:18:33	0,543951828	54%
Robot	00:13:09	0,385554182	93%

Tapete em "V"	00:02:10	0,063538922	99%
Tapete Dispensor	00:00:09	0,004609016	100%
Sistema pneumático	00:00:05	0,002346053	100%
Rolo metálico	00:00:00	0	100%



Dia 27/01/2017

Equipamento	Tempo de produção	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:12:58	0,583146	58%
Robot	00:04:54	0,220453796	80%
Tapete em "V"	00:02:23	0,107229566	91%
Tapete Dispensor	00:01:32	0,068938645	98%
Sistema pneumático	00:00:27	0,020231994	100%
Rolo metálico	00:00:00	0	100%



Média Global

Equipamento	Tempo de paragem	Frequência relativa	Frequência relativa acumulada (%)
Brocas	00:17:46	0,65042	65%
Robot	00:06:34	0,240229	89%
Tapete em "V"	00:01:44	0,063566	95%
Tapete Elevador	00:00:49	0,030134	98%
Sistema pneumático	00:00:19	0,011818	100%
Rolo metálico	00:00:06	0,003833	100%

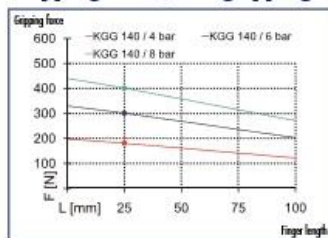
M: Características Técnicas da pinça nova

KGG 140

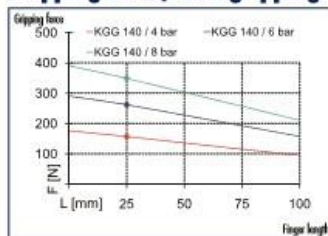
Pneumatic • 2-Finger Parallel Gripper • Gripper for Small Components



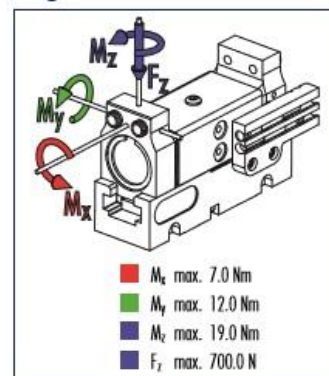
Gripping force, I.D. gripping



Gripping force, O.D. gripping



Finger load

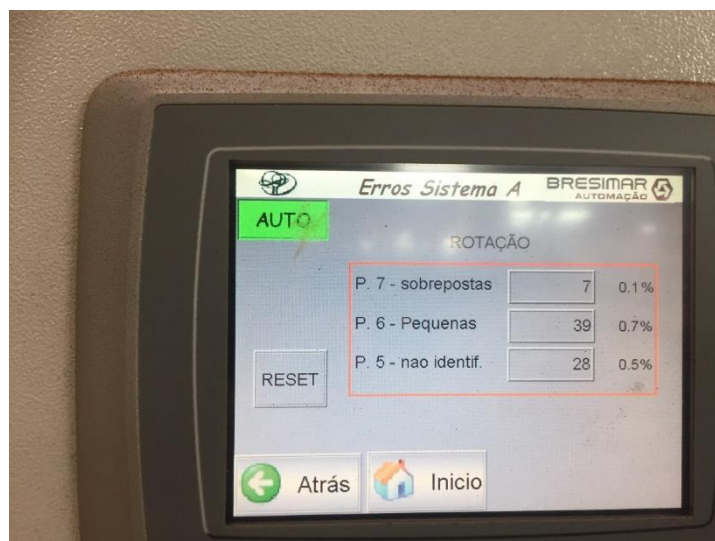


ⓘ Moments and forces apply per base jaw and may occur simultaneously. M_y may arise in addition to the moment generated by the gripping force itself. If the max. permitted finger weight is exceeded, it is imperative to throttle the air pressure so that the jaw movement occurs without any hitting or bouncing. Service life may reduce.

Technical data

Description	KGG 140-60	
ID	0303070	
Stroke per finger	[mm]	30.0
Closing force	[N]	260.0
Opening force	[N]	300.0
Weight	[kg]	0.77
Recommended workpiece weight	[kg]	1.3
Air consumption per double stroke	[cm ³]	42.0
Nominal pressure	[bar]	6.0
Minimum pressure	[bar]	2.0
Maximum pressure	[bar]	8.0
Closing time	[s]	0.17
Opening time	[s]	0.17
Max. permitted finger length	[mm]	100.0
Max. permitted weight per finger	[kg]	0.5
IP class		40
Min. ambient temperature	[°C]	-10.0
Max. ambient temperature	[°C]	90.0
Repeat accuracy	[mm]	0.02

N: Ecrã Tátil com informação sobre os erros das câmaras



O: Documentos Excel com informação da produção real das brocas automáticas e máquinas de deslenhar (respetivamente)

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Área	Máquina	Paleta	Produto	OF	Operador/Broca	Horas	Turno	Qtd.	Estado	Destino	Data	TIPO	GRU	CLASSE	CALIBRE	MÊS	SE
0545	Brocas	BMC	N/D	N/D	6005	Furtado Polvorosa 2000	8	Turno 1	13.600	N/D		23/12/2016	BP	C	Raça	54X24	12	
0546	Brocas	BME	N/D	N/D	600505	João Paulo Bastos Amorim	8	Turno 1	9.300	N/D		23/12/2016	BP	E	Raça Chei	45x24	12	
0547	Brocas	BMF	N/D	N/D	600505	Manuel Fernando Alves Silva	8	Turno 1	12.400	N/D		23/12/2016	BP	F	Raça Chei	45x24	12	
0548	Brocas	BMF	N/D	N/D	600505	Fábio Sérgio dos Santos	8	Turno 1	8.600	N/D		23/12/2016	BP	F	Raça Chei	45x24	12	
0549	Brocas	BMF	N/D	N/D	600505	Sergio Manuel Sousa Gomes	4	Turno 1	3.900	N/D		23/12/2016	BP	F	Raça Chei	45x24	12	
0550	Brocas	BMF	N/D	N/D	600505	Seralim Gomes Almeida	8	Turno 1	17.300	N/D		23/12/2016	BP	F	Raça Chei	45x24	12	
0551	Brocas	BMF	N/D	N/D	600505	Matosinho Univesa Amorim	6	Turno 1	7.500	N/D		23/12/2016	BP	F	Raça Chei	45x24	12	
0552	Brocas	BAK	N/D	N/D	6005	BROCA 1	3	Turno 1	98.900	N/D		23/12/2016	BA	5	Raça Fract	45x26	12	
0553	Brocas	BAK	N/D	N/D	600401	BROCA 1	3	Turno 1	61.200	N/D		23/12/2016	BA	5	Raça	49x26	12	
0554	Brocas	BAK	N/D	N/D	60047	BROCA 1	1	Turno 2	31.500	N/D		23/12/2016	BA	5	Raça	49x26	12	
0555	Brocas	BAK	N/D	N/D	600401	BROCA 1	7	Turno 2	123.000	N/D		23/12/2016	BA	5	Raça	49x26	12	
0556	Brocas	BAK	N/D	N/D	60047	BROCA 1	8	Turno 3	92.000	N/D		23/12/2016	BA	5	Raça	49x26	12	
0557	Brocas	BRG	N/D	N/D	60060	BROCA 1	8	Turno 1	152.000	N/D		23/12/2016	BA	1	Raça	49x24	12	
0558	Brocas	BRG	N/D	N/D	60060	BROCA 1	8	Turno 2	148.500	N/D		23/12/2016	BA	1	Raça	49x24	12	
0559	Brocas	BRH	N/D	N/D	60060	BROCA 2	7	Turno 1	126.800	N/D		23/12/2016	BA	2	Raça	49x24	12	
0560	Brocas	BRH	N/D	N/D	60060	BROCA 1	8	Turno 3	88.400	N/D		23/12/2016	BA	1	Raça	49x24	12	
0561	Brocas	BRH	N/D	N/D	600301	BROCA 1	1	Turno 1	28.400	N/D		23/12/2016	BA	2	Raça	49x24	12	
0562	Brocas	BRH	N/D	N/D	60060	BROCA 2	8	Turno 2	156.800	N/D		23/12/2016	BA	2	Raça	49x24	12	
0563	Brocas	BRH	N/D	N/D	60060	BROCA 2	8	Turno 3	92.900	N/D		23/12/2016	BA	2	Raça	49x24	12	
0564	Brocas	BRI	N/D	N/D	60060	BROCA 3	8	Turno 1	156.900	N/D		23/12/2016	BA	3	Raça	45x24	12	
0565	Brocas	BRI	N/D	N/D	60060	BROCA 3	8	Turno 2	145.800	N/D		23/12/2016	BA	3	Raça	45x24	12	
0566	Brocas	BRI	N/D	N/D	60060	BROCA 3	8	Turno 3	90.000	N/D		23/12/2016	BA	3	Raça	45x24	12	
0567	Brocas	BRJ	N/D	N/D	600137	BROCA 4	8	Turno 1	152.500	N/D		23/12/2016	BA	4	Raça Bich	45x24	12	
0568	Brocas	BRJ	N/D	N/D	600137	BROCA 4	8	Turno 2	152.500	N/D		23/12/2016	BA	4	Raça Bich	45x24	12	
0569	Brocas	BRJ	N/D	N/D	600137	BROCA 4	8	Turno 3	95.900	N/D		23/12/2016	BA	4	Raça Bich	45x24	12	
0570	Brocas	BMD	N/D	N/D	600504	Abilio Francisco Silva Teófilo	8	Turno 1	100.527	N/D		23/12/2016	BP	D	Raça	45x24	12	
0571																		
0572																		
0573																		
0574																		
0575																		
0576																		
0577																		
0578																		
0579																		

Ano	Data	Sem.	Mês	Turno	Máq.	O.F.	Calibre	Raça	Repass	Apara	Consumo	OF	Calibre
2017	10/mar	19	5	3	3	6060	45x24	77 574		5 148	82 722		
2017	10/mar	19	5	3	4	600137	45x24 Raça BH	38 800		5 018	43 818		
2017	10/mar	19	5	3	4	6060	45x24	63 187		4 901	68 088		
2017	10/mar	19	5	3	5	60160	49x24	55 891		3 003	58 894		
2017	10/mar	19	5	3	5	60160	49x24	96 971		1 690	98 661		
2017	10/mar	19	5	3	6	60160	49x24	92 589		3 066	95 655		
2017	10/mar	19	5	3	6	60160	49x24	89 832		3 003	92 835		
2017	11/mar	19	5	1	1	6015	45x26 R.F.	23 104		917	24 021		
2017	11/mar	19	5	1	1	60160	49x24	77 345		1 895	79 240		
2017	11/mar	19	5	1	1	600137	45x24 Raça BH	55 970		6 808	62 778		
2017	11/mar	19	5	1	2	6015	45x26 R.F.	3 499		237	3 736		
2017	11/mar	19	5	1	2	60160	49x24	97 678		5 651	103 329		
2017	11/mar	19	5	1	3	600137	45x24 Raça BH	69 324	2 199	7 886	79 409		
2017	11/mar	19	5	1	3	6060	45x24	73 681		5 983	79 864		
2017	11/mar	19	5	1	4	600504	45x24	14 714		1 384	16 098		
2017	11/mar	19	5	1	4	6060	45x24	71 416		4 711	76 127		
2017	11/mar	19	5	1	5	60160	49x24	7 621		316	7 937		
2017	11/mar	19	5	1	5	60147	49x26	26 591		576	27 167		
2017	11/mar	19	5	1	6	60160	49x24	95 054		1 928	96 982		
2017	11/mar	19	5	1	6	600504	45x24	62 652		7 637	70 289		
2017	11/mar	19	5	1	6	60147	49x26	65 061		2 917	67 978		
2017	11/mar	19	5	2	1	60147	49x26	25 413	159	407	25 979		
2017	11/mar	19	5	2	1	#N/A							
2017	11/mar	19	5	2	1	#N/A							
2017	11/mar	19	5	2	2	60147	49x26	78 927	1 334	4 170	84 431		
2017	11/mar	19	5	2	2	60160	49x24	43 791		2 574	46 365		
2017	11/mar	19	5	2	3	600137	45x24 Raça BH	74 993	2 228	8 765	85 986		
2017	11/mar	19	5	2	3	6060	45x24	80 445		5 670	86 115		
2017	11/mar	19	5	2	4	600137	45x24 Raça BH	57 736		7 005	64 741		
2017	11/mar	19	5	2	4	6060	45x24	55 439		5 175	60 614		
2017	11/mar	19	5	2	5	600504	45x24	27 253		3 657	30 910		
2017	11/mar	19	5	2	5	60160	49x24	79 182		1 844	81 026		
2017	11/mar	19	5	2	6	60160	49x24	78 459		2 240	80 699		
2017	11/mar	19	5	2	6	60160	49x24	79 538		1 492	81 030		

P: Informação recolhida para o cálculo do OEE – Após implementações

Dados relativos ao primeiro dia de registos (08/05/2017)

Data: 8-Maio-2017	Tempo total improdutivo: 12:09,0(minutos)	OEE: 58%
Horas: 13h30 – 14h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 12:9,0 (minutos)	OF: 600504
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 45x24
Indicador de produção (1 hora): 17.340 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 138.720 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,893	Fitas: 13 Bocados: 35

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	29211	29749	29475	26576
Produção final	33254	33980	33106	30100

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	0
Entrega cortiça ao contrário	1
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	1
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	38
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	18
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	4
E3. Má rejeição – traços de qualidade	16
E3a -	12
E3b-	4

Encravamento do sistema pneumático: 0

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:15,0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 0

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

Brocas 34 encravamentos

A

Tempo	Motivo
00:08,0	Encravamentos de Apalpadores
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Encravamentos de Apalpadores
00:19,0	Baixa
00:09,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:16,0	Fita
00:16,0	Encravamentos de Apalpadores
00:05,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Baixa
00:12,0	Baixa
00:15,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Cortiça
00:11,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Encravamentos de Apalpadores
00:09,0	Encravamentos de Apalpadores
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Excentrica
00:15,0	Baixa
00:06,0	Baixa
00:11,0	Encravamentos de Apalpadores
00:13,0	Encravamentos de Apalpadores
00:10,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Torta
00:09,0	Torta
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:20,0	Encravamentos de Apalpadores
00:09,0	Encravamentos de Apalpadores
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:16,0	Encravamentos de Apalpadores
00:17,0	Fitas
00:11,0	Baixa

05:57,0

Dados relativos ao segundo dia de registos (09/05/2017)

Data: 9-Maio-2017		Tempo total improdutivo: 13:50,1 (minutos)	OEE: 67%
Horas: 13h30 – 14h30		Tempo micro-paragens (eficiência): 13:50,1(minutos)	OF: 600504
Duração do estudo: 1 hora		Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 45x24
Indicador de produção (1 hora): 17.244 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 137.952 rolhas		Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,927	Fitas: 6 Bocados: 16

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	34700	37265	36185	34550
Produção final	38790	41413	40627	39015

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	2
Entrega cortiça ao contrário	2
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	4
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	36
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	11
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	6
E3. Má rejeição – traços de qualidade	19
E3a -	10
E3b-	9

Encravamento do sistema pneumático:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:26,0

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
2	00:21,0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 0

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

A

Tempo	Motivo
00:07,0	Encravamentos de Cortiça
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:09,0	Encravamentos de Cortiça
00:09,0	Encravamentos de Cortiça
00:11,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Cortiça
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:05,0	Encravamentos de Apalpadores
00:08,0	Encravamentos de Apalpadores
00:05,0	Encravamentos de Cortiça
00:11,0	Encravamentos de Cortiça
00:08,0	Encravamentos de Cortiça
00:10,0	Encravamentos de Apalpadores
00:13,0	Encravamentos de Cortiça
00:05,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Cortiça
00:10,0	Encravamentos de Cortiça
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:11,0	Encravamentos de Apalpadores
00:10,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:11,0	Encravamentos de Cortiça
00:05,0	S/alimentação
00:17,0	S/alimentação
00:06,0	S/alimentação
00:06,0	S/alimentação
00:06,0	S/alimentação
00:14,0	S/alimentação
00:12,0	S/alimentação
00:05,0	S/alimentação
00:28,0	S/alimentação
00:30,0	S/alimentação
00:10,0	S/alimentação
00:12,0	S/alimentação
00:06,0	S/alimentação
00:13,0	Paragem Emergência
06:34,0	

Dados relativos ao terceiro dia de registos (10/05/2017)

Data: 10-Maio-2017	Tempo total improdutivo: 07:44,0 (minutos)	OEE: 69%
Horas: 13h30 – 14h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 07:44,0 (minutos)	OF: 60160
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 49x24
Indicador de produção (1 hora): 17.556 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 140.448 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,949	Fitas: 8 Bocados: 18

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	38885	38431	38400	38400
Produção final	43589	44258	41236	42589

Robot e Sistema de Visão:

Robot bate	0
Entrega cortiça ao contrário	2
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	0
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	39
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	12
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	4
E3. Má rejeição – traços de qualidade	23
E3a -	13
E3b-	10

Encravamento do sistema pneumático: 0

Encravamento no rolo metálico: 0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 0

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

Brocas		25 encravamentos
A		
Tempo	Motivo	
00:07,0	Baixa	
00:05,0	Baixa	
00:08,0	Ponta	
00:12,0	Curva	
00:06,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:10,0	S/ alimentação	
00:12,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:21,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:10,0	Paragem de Emergência	
00:20,0	Paragem de Emergência	
00:17,0	Paragem de Emergência	
00:13,0	Paragem de Emergência	
00:11,0	Paragem de Emergência	
03:52,0		

Dados relativos ao quarto dia de registos (11/05/2017)

Data: 11-Maio-2017	Tempo total improdutivo: 11:53,2 (minutos)	OEE: 61%
Horas: 13h30 – 14h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 11:53,2 (minutos)	OF: 600504
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 45x24
Indicador de produção (1 hora): 17.224 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 137.792 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,865	Fitas: 12 Bocados: 20

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	37485	36853	36413	38420
Produção final	41809	40158	40235	44213

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	0
Entrega cortiça ao contrário	0
Deixa cair cortiça	0
Coloca mal o traço	0
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	35
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	13
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	5
E3. Má rejeição – traços de qualidade	17
E3a -	10
E3b-	7

Encravamento do sistema pneumático: 0

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
1	00:06,0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 0

Encravamentos nas brocas do Robot A – Tempo de paragem + Motivo da paragem

A

Tempo Motivo

00:14,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:08,0	Encravamentos de Apalpadores
00:10,0	Encravamentos de Cortiça
00:05,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Cortiça
00:05,0	Encravamentos de Apalpadores
00:13,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	Encravamentos de Apalpadores
00:09,0	Encravamentos de Cortiça
00:12,0	Encravamentos de Cortiça
00:13,0	Encravamentos de Cortiça
00:07,0	Encravamentos de Cortiça
00:13,0	Encravamentos de Apalpadores
00:10,0	Encravamentos de Apalpadores
00:12,0	Encravamentos de Cortiça
00:06,0	Encravamentos de Cortiça
00:09,0	Encravamentos de Cortiça
00:06,0	Encravamentos de Cortiça
00:08,0	Encravamentos de Apalpadores
00:06,0	S/ alimentação
00:06,0	S/ alimentação
00:12,0	S/ alimentação
00:13,0	S/ alimentação
00:15,0	S/ alimentação
00:16,0	S/ alimentação
00:06,3	S/ alimentação
00:17,0	S/ alimentação
00:05,0	S/ alimentação
00:05,0	S/ alimentação
00:06,0	S/ alimentação
00:05,0	S/ alimentação
00:12,0	S/ alimentação
00:07,0	Paragem de Emergência
00:06,0	Paragem de Emergência
00:08,0	Paragem de Emergência
00:07,0	Paragem de Emergência
00:09,0	Paragem de Emergência
05:53,3	

Dados relativos ao quinto dia de registos (12/05/2017)

Data: 12-Maio-2017	Tempo total improdutivo: 08:19,0 (minutos)	OEE: 67%
Horas: 13h30 – 14h30	Tempo micro-paragens (eficiência): 08:19,0 (minutos)	OF: 6060
Duração do estudo: 1 hora	Tempo avarias (disponibilidade): 0	Calibre: 45x24
Indicador de produção (1 hora): 17.083 rolhas Indicador de produção (8 horas – um turno): 136.664 rolhas	Produção conforme (qualidade): Consumo/Raça = 0,933	Fitas: 13 Bocados: 10

Indicador de produção

Broca	A1	A2	B1	B2
Produção inicial	36842	36400	36450	37580
Produção final	39925	40818	40367	43245

Robot e Sistema de Visão

Robot bate	1
Entrega cortiça ao contrário	0
Deixa cair cortiça	1
Coloca mal o traço	3
E – Número de vezes que os traços passam diretamente para o cesto	39
E1. Boa rejeição – Fitas e/ou bocados	13
E2. Falha do sistema pneumático – Traços em simultâneo e/ou sobrepostos	3
E3. Má rejeição – traços de qualidade	23
E3a -	15
E3b-	8

Encravamento do sistema pneumático: 0

Encravamento no rolo metálico:

Número de ocorrências	Tempo de encravamento
3	00:12,0

Tempo de espera do sistema porque os traços vinham na vertical e tapavam os sensores do tapete doseador: 00:08,0

Encravamentos nas brocas do RobotA – Tempo de paragem + Motivo da paragem

Brocas		25 encravamentos
A		
Tempo	Motivo	
00:07,0	Baixa	
00:05,0	Baixa	
00:08,0	Ponta	
00:12,0	Curva	
00:06,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:10,0	S/ alimentação	
00:12,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:21,0	S/ alimentação	
00:07,0	S/ alimentação	
00:05,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:08,0	S/ alimentação	
00:10,0	Paragem de Emergência	
00:20,0	Paragem de Emergência	
00:17,0	Paragem de Emergência	
00:13,0	Paragem de Emergência	
00:11,0	Paragem de Emergência	
03:52,0		

Informação para calcular fator Qualidade:

OF	Calibre	Turno	Máquina	Raça	Repasse	Apara	Consumo	Conforme	%Qualidade	Data
600504	45x24	2	4	16865		2020	18885	0,893036802	89%	08/mai
60504	45x24			23831		1866	25697	0,92738452	93%	09/mai
60160	49x24	2	4	6112		329	6441	0,948920975	95%	10/mai
600504	45x24			28895		4506	33401	0,865093859	87%	11/mai
6060	45x24	2	4	86953		6203	93156	0,93341277	93%	12/mai

Informação para calcular fator Eficiência:

Eficiência			Tempo de ciclo = 0,0025126 = 1/398	
38,766	43,078	43,618	41,812	43,467
0,646	0,718	0,727	0,697	0,724
65%	72%	73%	70%	72%

Informação para o cálculo dos fatores do OEE:

Qualidade	Eficiência	Disponibilidade	
		1	
89%	65%	100%	08/mai
	58%		
		1	09/mai
93%	72%	100%	
	67%		
		1	10/mai
95%	73%	100%	
	69%		
		1	11/mai
87%	70%	100%	
	61%		
		1	12/mai
93%	72%	100%	
	67%		
91%	70%	100%	Média Global